

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1119

August 2020

回頭に着目した大型クルーズ船の水域利用実態に関する分析

安部智久

An analysis on actual uses of water areas by large cruise vessels,
focusing on turning at ports

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

回頭に着目した大型クルーズ船の水域利用実態に関する分析

安部智久*

要 旨

近年大型クルーズ船の入港が増加傾向にある。これは港湾内での水域利用の安全確保を困難とし得る一方で、このようなクルーズ船はポッド推進方式を採用した強力なスラスター等を備えていることが多いため、操船性が向上しているとの指摘がある。

本研究は、今後の港湾整備や入港評価の際の参考資料を提供することを目的に、クルーズ船の大型化と高性能化に関する動向分析、回頭に着目した AIS (Automatic Identification System) データを用いた国内外港湾での水域利用実態の分析、回頭能力評価のための指標の提案等を行うものである。

キーワード：大型クルーズ船，水域施設，回頭

* 港湾研究部 港湾計画研究室 室長

An Analysis of Actual Uses of Water Areas by Large Cruise Vessels, Focusing on Turning at Ports

ABE Motohisa*

Synopsis

More and more large cruise vessels are calling at ports in Japan. On the one hand, such a trend might make it difficult for ports to secure safety of navigation. However, on the other hand, it has been pointed out that recent large cruise vessels tend to be equipped with pod propulsion systems or strong thrusters for better navigability.

This technical note aims to offer relevant information regarding safety assessments or development of water areas in ports. In the analysis, vessel sizes and navigability of recent large cruise vessels are examined first, followed by an analysis of the actual uses of water areas focusing on turning inside ports. Finally, a new index to assess turning ability is proposed.

Key Words: Large cruise vessel, Water area in ports, Turning

* Head of Planning Division, Port and Harbour Department

目 次

1. はじめに	1
2. 既存の文献等	1
2.1 既存の文献	1
2.2 クルーズ船の推進方式と自力回頭	1
3. クルーズ船の大型化・高性能化に関する分析	2
3.1 分析の概要	2
3.2 分析結果	2
4. 大型クルーズ船の港湾内での回頭実態分析	4
4.1 分析の概要	4
4.2 欧州地域	4
4.3 北・中米地域	8
4.4 アジア地域（日本以外）	12
4.5 アジア地域（日本）	15
4.6 まとめ	15
5. 高性能船の回頭水域規模に関する分析	20
5.1 分析の概要	20
5.2 AISデータによる分析	20
5.3 操船シミュレーターを用いた評価事例	21
5.3.1 評価の概要	21
5.3.2 評価結果と考察	21
5.4 まとめ	22
6. クルーズ船回頭能力評価のための指標の提案	22
6.1 指標の意義と考え方	22
6.2 指標による評価方法	22
6.3 算定例	24
7. 港湾整備・入港評価に関する考察	24
8. まとめ	25
謝辞	25
参考文献	26

1. はじめに

船舶の入港に際しては、港湾内で安全に回頭できる水域が確保されることが必要である。近年全長が 300m を越えるクルーズ船の我が国港湾への寄港が増加傾向にある。入港船の大型化は水域の確保を困難とし得る一方、ポッド推進方式ならびに強力な出力のスラスターにより高性能化されたクルーズ船も見られる。本研究は、各地で実施される港湾整備や入港評価に関する取り組みの参考となる情報を提供することを目的に、クルーズ船の大型化と高性能化に関する動向分析ならびに、港湾内での回頭に着目し AIS (Automatic Identification System) データを用いた港湾利用実態の分析等を行うものである。

本資料の構成は以下のとおりである。第 2 章で既存文献等のレビューを行ったのち、第 3 章で船舶諸元データを用いたクルーズ船の大型化並びに高性能化の動向を分析する。第 4 章において AIS データを用いた国内外での港湾利用実態（回頭水域利用の実態、回頭水域規模）を示す。第 5 章では高性能船に関する回頭水域規模に関する分析を行い、第 6 章において回頭の安全性評価に関する指標を提案する。

これらの検討を踏まえ、第 7 章で大型クルーズ船の港内での回頭に関する港湾整備や入港評価に関する考察を行う。本資料では、5 万総トン以上の船舶を大型クルーズ船と定義する。

2. 既存の文献等

2.1 既存の文献

港湾の技術基準¹⁾においては、スラスターの利用やタグポートによる支援の場合に必要な回頭水域は、直径 2L の円 (L:対象船舶の全長)とすることができるとの記載があり、回頭水域の整備ならびに入港評価においてこの数値が目安とされている。この一方欧米で運航されていた大型クルーズ船がアジアの需要の顕在化に伴い、我が国の港湾においても投入されることとなったことなどから、2L の回頭円規模の確保が、各地の港湾において課題となっている。

クルーズ船の港湾内での回頭を扱った既往の研究事例について、小菅ら (2014)²⁾ は世界の主要なクルーズ港のスペースの特徴を分析し、また長崎港での回頭実態を AIS データで分析している。さらに、港内での航行安全確保の観点から特定のクルーズ船に関し耐風性能を評価している。

城戸・岩崎 (2015)³⁾ は鳥取港を例に、風や潮流を考慮した操船シミュレーションによる、港湾内操船（回頭や着岸）の安全評価事例を示している。

岸田・安部 (2017)⁴⁾ は世界の主要港でのクルーズ船の

回頭円を AIS データにより把握し、2L を下回る回頭水域規模の存在を確認している。

大野ら (2018)⁵⁾ は航行安全性評価における操船シミュレーションによる負担軽減の観点から、離着岸時のクルーズ船の横移動時の安全性について、推力と風圧力とのバランスから簡易に評価する手法を検討している。

これらの検討において、クルーズ船の入港におけるリスク要因として風圧力が取り上げられ、またこの風圧力に対抗する船舶の能力として推力が扱われている。

2.2 クルーズ船の推進方式と自力回頭

大型クルーズ船にはポッド推進方式によるものがみられる。ポッド推進方式 (図-2.2.1) とはプロペラが備わったポッドと呼ばれる機器そのものが 360 度回転する方式である。

ポッド推進方式によるクルーズ船では、船首側にスラスター (バウスラスター) を備え、船尾側のスラスター (スターンスラスター) は備えないのが一般的である。回頭を行う場合、船首側はバウスラスターによる横方向の推力を用い、また船尾側はポッド推進器を回転し横方向の推力を用いることで、自力での回頭ができる (図-2.2.2)。ポッド推進器と強力なスラスターの組み合わせにより小さい半径で回頭が可能であるとされている。

他方、従来からの舵式のクルーズ船の場合、バウスラスターとスターンスラスターの両方を備えることにより、回頭のための推力を得ている。



図-2.2.1 ポッド推進方式と舵式との相違

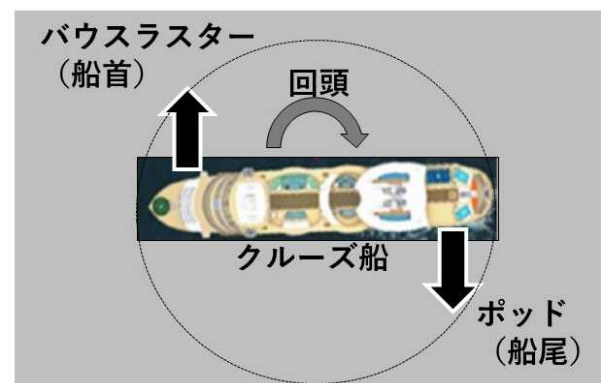


図-2.2.2 回頭におけるスラスター等の利用

3. クルーズ船の大型化・高性能化に関する分析

3.1 分析の概要

世界を就航する船舶のデータベースであるクラークソンデータを用い、船舶の最近の大型化と船舶諸元との関連性、ならびに高性能化の状況を分析した。対象は船齢30年以内の約450隻である。当該データは随時更新されているが、2019年9月時点でのデータを利用した。船舶の性能に関しては推進方式（ポッド推進方式/舵式）とスラスター（パウスラスター・スターンスラスター）の数を指標とした。分析の視点は以下の2点である。第一に近年のクルーズ船は規模の経済性の追求により大型化しているが、これと船舶諸元（全長・船幅・満載喫水）との関連性である。第二は、船舶の高性能化の状況である。具体的には推進方式・スラスター数とクルーズ船の建造年との関連性を分析した。

3.2 分析結果

1) クルーズ船大型化と船舶諸元との関係

図-3.2.1（旅客人員）ならびに図-3.2.2（総トン数）は

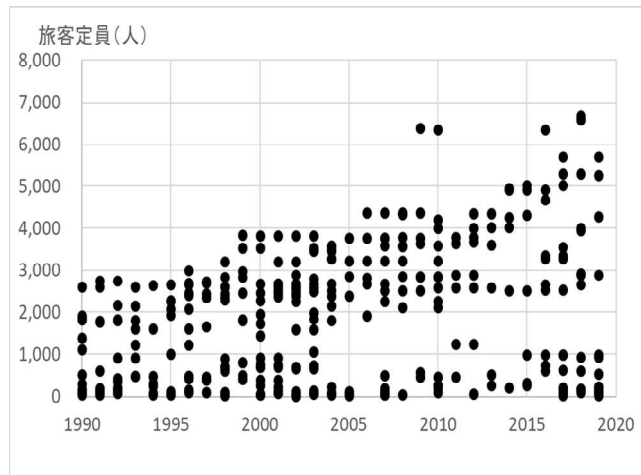


図-3.2.1 建造年と旅客人員との関係

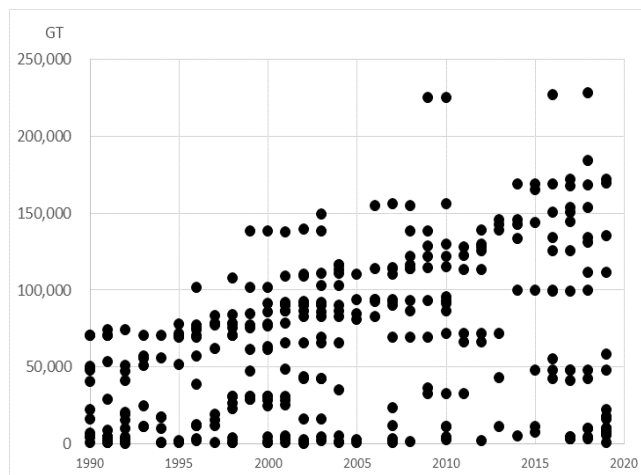


図-3.2.2 建造年と総トン数との関係

船舶大型化の状況を示すものである。横軸は船の建造年であり点の一つ一つが個々のクルーズ船の情報（例えば横軸：建造年、縦軸：総トン数）である。規模の経済性を追求し、経年的にクルーズ船の大型化傾向がみられる。

図-3.2.3～図-3.2.5は同様に建造年と船舶諸元（全長、

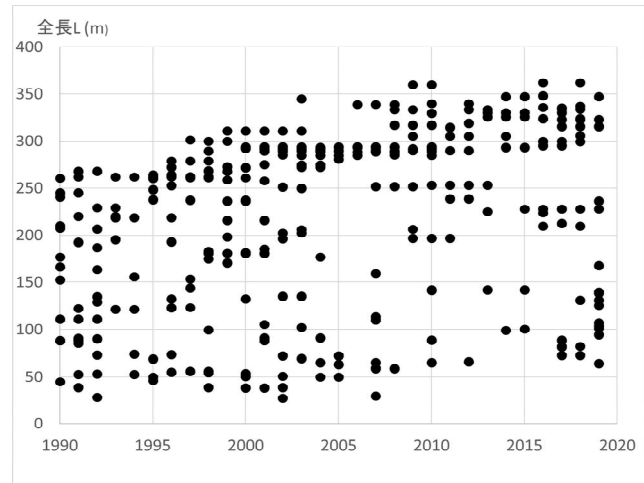


図-3.2.3 建造年と全長との関係

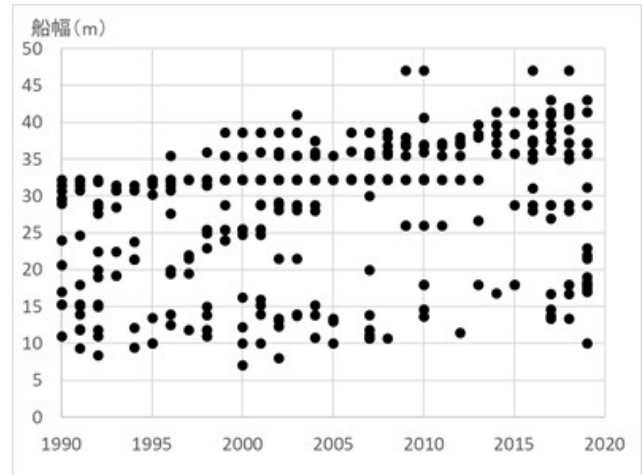


図-3.2.4 建造年と船幅との関係

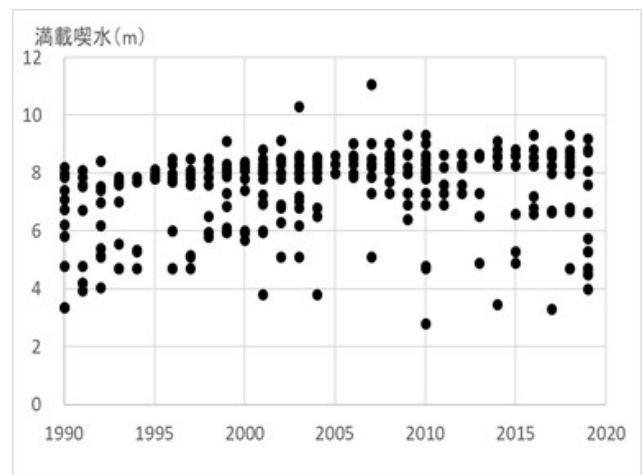


図-3.2.5 建造年と満載喫水との関係

船幅、満載喫水）との関係である。船幅は最大値で2000年頃に40m程度の船舶が出現して以降、パナマ運河の拡張に45mを超えるものが出現しているが、5m程度の増加にとどまっている。満載喫水は一部10mを超えるものがあるが、それ以外の船舶についてはほぼ横ばいである。

この一方で全長の増加が見られる。90年代後半以降約50m単位で増加し、また現在最大規模である全長360mクラスのクルーズ船が出現して既に10年以上が経過している。以上から、クルーズ船の大型化は全長の増大という形で船舶諸元に反映されていることが考察される。

2) クルーズ船の高性能化の動向

クルーズ船の推進方式を以下に区分した上で動向を分析した。うちタイプ5ならびに4を高性能船と定義する。

タイプ5：ポッド推進式、スラスター合計3基以上

タイプ4：舵式、スラスター合計5基以上

タイプ3：ポッド推進式、スラスター合計2基以下

タイプ2：舵式、スラスター合計4基以下

タイプ1：上記に該当しないもの、不明なもの

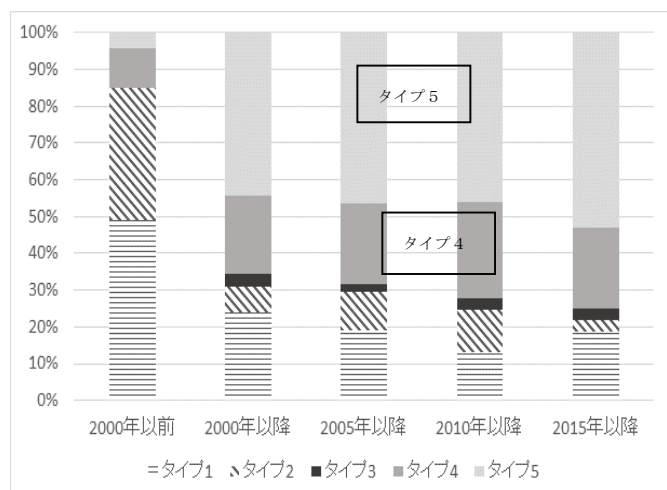


図-3.2.6 建造年ごとの推進方式タイプ

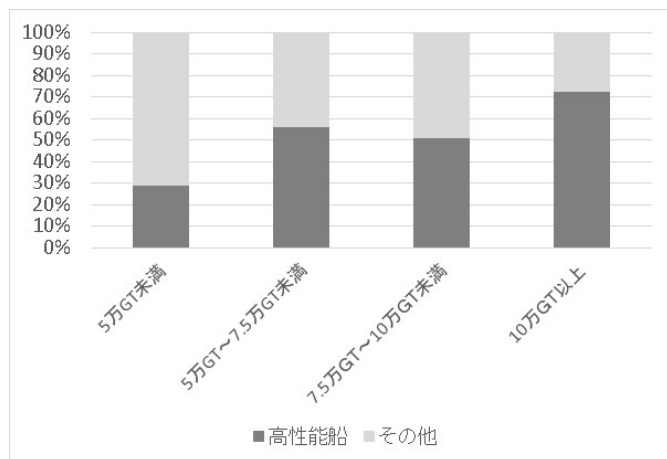


図-3.2.7 総トン数と高性能化との関係

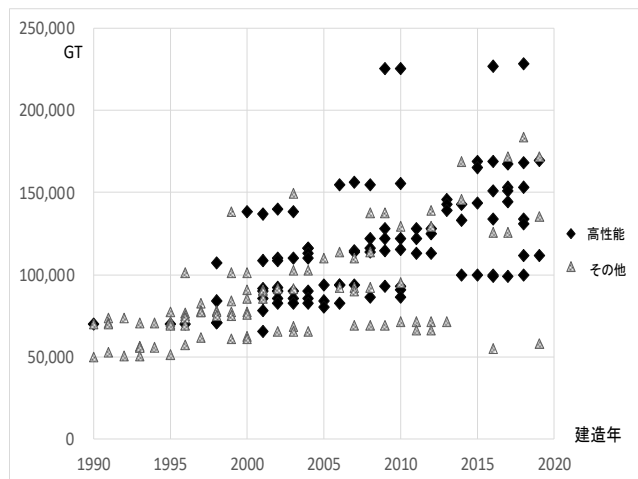


図-3.2.8 総トン数/建造年と高性能化との関係

表-3.2.1 主要な船社の高性能船導入状況

オペレーター	高性能船	その他	高性能船割合	合計隻数
C社	16	10	61.5%	26
R社	18	7	72.0%	25
M社	4	12	25.0%	16
N社	13	3	81.3%	16
P社	11	5	68.8%	16
D社	8	6	57.1%	14
H社	8	6	57.1%	14
A社		10	0.0%	10
E社	7	3	70.0%	10
T社	6	1	85.7%	7
P社	4	2	66.7%	6
F社		5	0.0%	5
G社	1	3	25.0%	4
Q社	1	2	33.3%	3
H社	2	1	66.7%	3

図-3.2.6 はタイプ毎の割合（隻数ベース）について建造年ごとにみたものであるが、2000年以降において高性能船の増加が顕著にみられる。2015年以降は、建造されるクルーズ船の約75%が高性能船となっている。

図-3.2.7 は総トン数別に高性能船とそれ以外の割合を隻数ベースでみたものであり、総トン数の増加に伴い、高性能船の割合が増加する傾向にある。

図-3.2.8 は建造年と総トン数との関係において、高性能船とそれ以外を区別して示したものである（菱形：高性能船、四角：その他）。ここでは大型クルーズ船（5万総トン数以上）のみを対象としている。

経年的に船型が大型化しているが、15万総トンクラスの建造が本格化した2000年以降、最大船型のクルーズ船が高性能化されるとともに、高性能船が建造される割合が増加している。総トン数の増加がクルーズ船の全長の増加をもたらしているという結果を踏まれば、長大なクルーズ船の操船の負担を軽減するために高性能化が図られ、狭い水域においても回頭できる性能が具備される傾向にあるもの

と考察される。この一方で、高性能船以外のクルーズ船も依然として建造・投入されており、2019年においても高性能船以外の大型クルーズ船が新たに建造されている。

またクルーズ船社ごとに高性能船の導入状況は異なる。表-3.2.1は、主要なクルーズ運航会社の高性能船の投入割合を比較したものである。大型クルーズ船のみを隻数カウントの対象とし、また大型クルーズ船を3隻以上運航する船社を対象とした。最も高性能船投入の割合が多い船社でも一定の割合で高性能船以外を運航しており、また最も運航隻数が多い船社の高性能船投入率は6割程度である。

4. 大型クルーズ船の港湾内での回頭実態分析

4.1 分析の概要

国土技術政策総合研究所所有のAIS分析ツール(NILIM-AIS)を用い港湾内での航跡を分析した。図化・分析の対象は記載のない限り大型クルーズ船(5万総トン以上)とした。分析対象年は2014～2019年とした。利用したAISデータは、国総研収集データ、購入データ、その他(保安部から提供を受けたデータ)である。入手したデータ時期から、2014年というやや古い分析時期もあるが、この時点ですでに22万総トンの最大船型は就航している。

分析ツールでは一定期間の航跡を重ねて表示することができる。地形データはOpen Street Mapを用い、AISデータにより船舶の全長が把握できるため、地形と全長を同じ縮尺で表示している。入出港の状況が分かるよう一部の航跡を赤で表示している。

本分析は、港湾毎のクルーズ船の主な回頭水域の特定や、回頭時の航跡の把握を目的としている。この目的にあった航跡が得られるよう、港湾毎に分析日数を設定した。また、対象港は欧州、北・中米、アジア、日本におけるクルーズの主要港を中心に選定した。以降それぞれの分析結果を示す。なお、以下本章では1寄港を「1隻」と表記しており、同一のクルーズ船が2回寄港した場合は「2隻」と表示している。

4.2 欧州地域

1) サザンプトン港(英国, 図-4.2.1)

北海側の代表的なクルーズ港の一つであり、河口に位置する。4か所での着岸がみられ、3か所の回頭水域が確認できる。同じ回頭水域においては、類似した回頭の航跡がみられ、操船方法は入港ごとに同様であるとみられる。しかしその位置や大きさは互いに少しずつずれており、すなわち「航跡のずれ」がみられる。

2) ブレーマーハーフェン港(ドイツ, 図-4.2.2)

北海側の港湾であり、河口に位置する。図-4.2.2では同一船の2寄港分の航跡が示されている。クルーズ船の寄港数は多くないためクルーズ専用のターミナルはないとみられ、コンテナターミナル等の2か所で着岸した回頭水域も固定化されていない。狭い水域での回頭が特徴的である。

3) マルセイユ港(フランス, 図-4.2.3)

地中海側の代表的なクルーズ港の一つである。5か所以上での着岸が認められ、防波堤内の狭い水域4箇所が回頭のための水域として利用されている。これらはいずれも岸壁前面にある。

4) バルセロナ港(スペイン, 図-4.2.4)

地中海クルーズの拠点港の一つである。少なくとも6か所での着岸がみられる。防波堤内の水域3か所に回頭が集中している。岸壁前面での回頭水域も見られる。

5) ニース港(フランス, 図-4.2.5)

フランス南部に位置する港湾である。フランス南部の観光拠点でもあり国内の主要なクルーズ港の一つであるが、施設規模は大きいものではなく、クルーズのための係留施設はマリーナに併設された2か所である。また回頭は防波堤の外側で行われている。なお、当該港については入手したデータ期間内で大型クルーズ船の入港は認められず、確認された最大船型は約3万総トンクラスである。

6) チベタベッキア港(イタリア, 図-4.2.6)

イタリアの首都ローマ近郊に立地し、地中海クルーズの拠点港の一つである。5か所以上での着岸が認められるが、回頭は防波堤内の水域1か所に集中しており、当該水域は岸壁前面にある。

7) ナポリ港(イタリア, 図-4.2.7)

イタリア南部に位置するクルーズ港である。3か所の係留施設が認められるが、回頭位置は1か所に集中している。

8) 小括

欧州のクルーズ港については、防波堤内の狭い水域が回頭水域となっている場合が多くみられ、大型クルーズ船はこのような限られた範囲の水域で回頭する傾向にある。

欧州においてクルーズビジネスは一定の歴史を有している。このためクルーズ船に対応した港湾施設の多くは、整備以降一定の時間が経過しているが、この間にクルーズ船が順次大型化したため、現在施設が手狭になっているケースが生じているものと推察される。航跡から判断すると、多くの場合「その場回頭」が行われている。

また、同一の回頭水域での「航跡のずれ」がみられる。

狭い水域において複数のスラスターを有する高性能のクルーズ船が頻繁に回頭する場合には、洗掘の問題が発生している可能性がある(マルセイユ港、バルセロナ港等)。

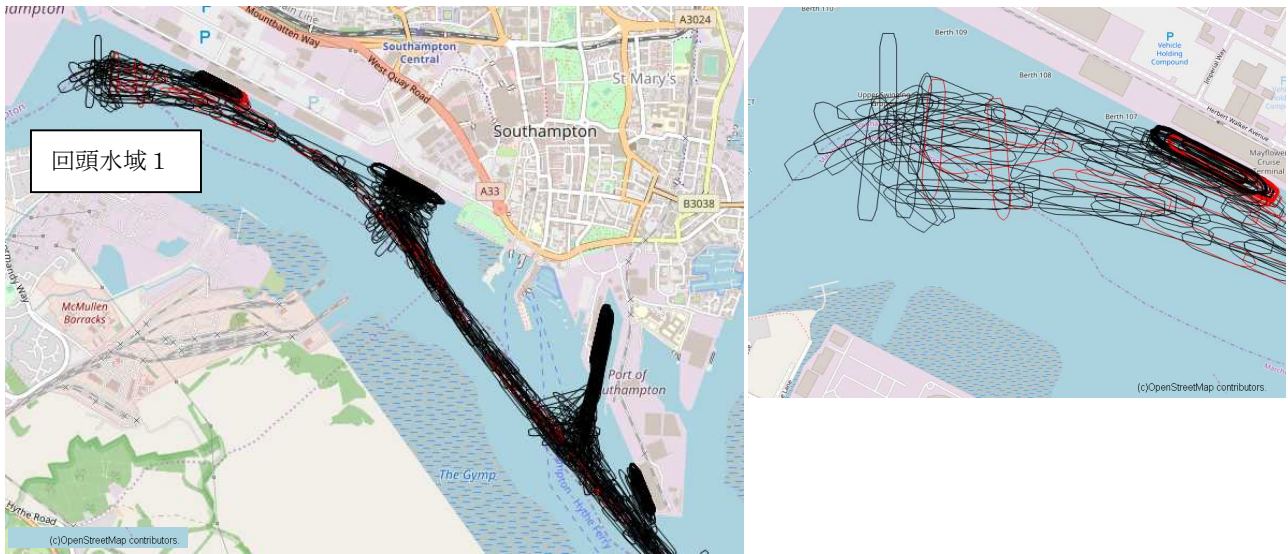


図-4.2.1 サザンプトン港（2014年10月：20日間20隻）右図：回頭水域1

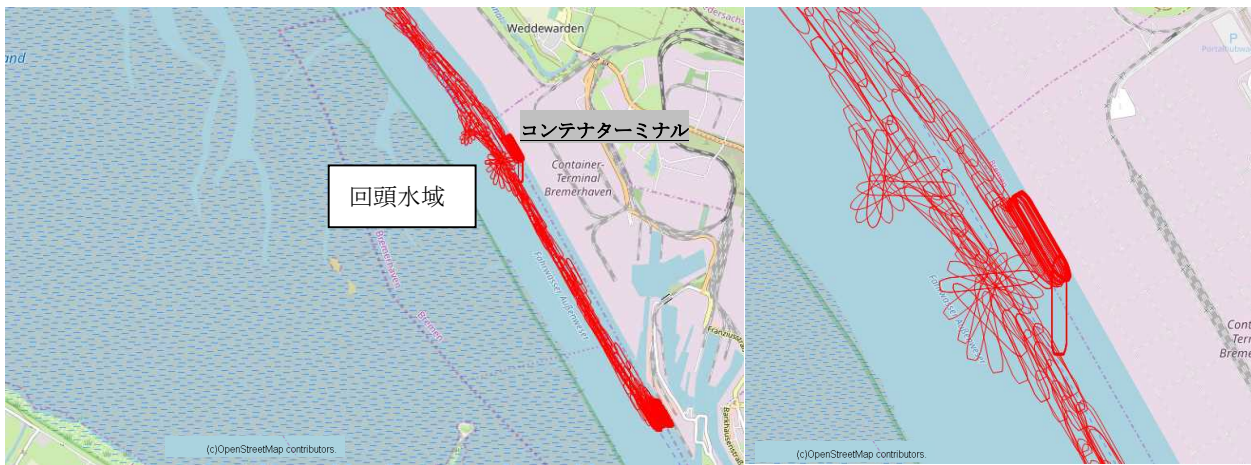


図-4.2.2 ブレーマーハーフェン港（2014年10月：30日間2隻）

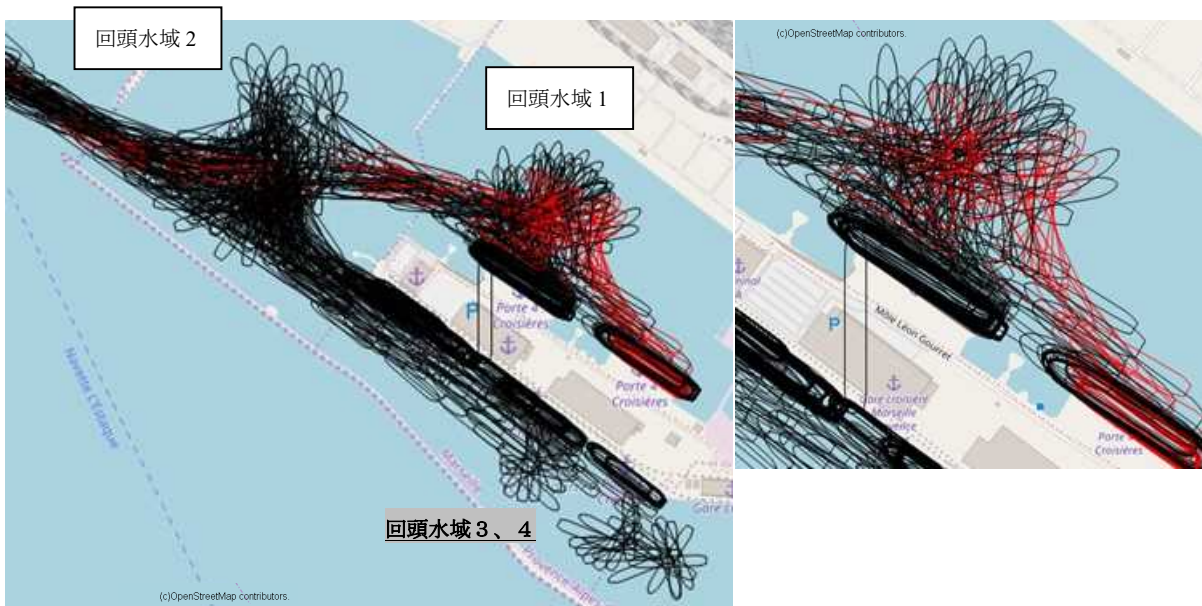


図-4.2.3 マルセイユ港（2014年10月：15日間22隻）右図：回頭水域1

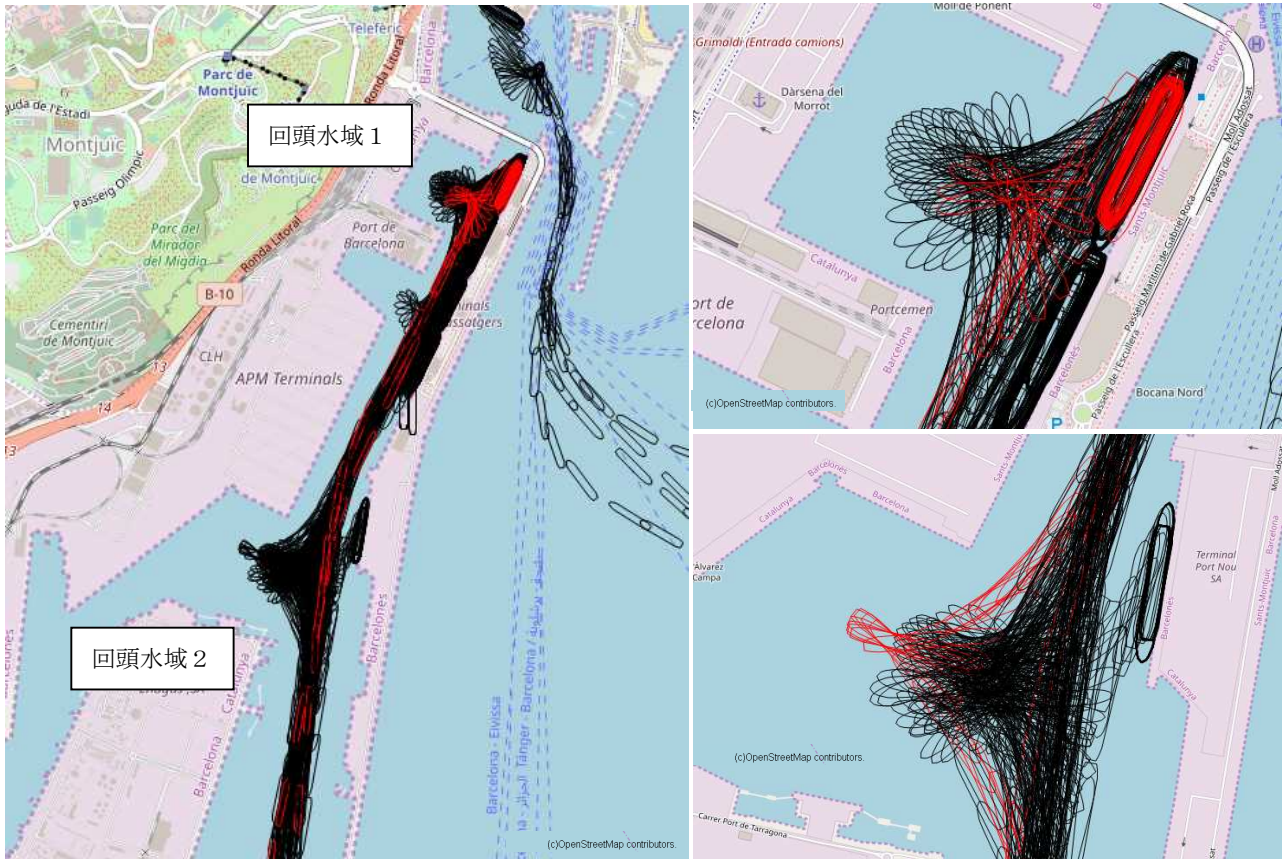


図-4.2.4 バルセロナ港（2014 年 10 月：10 日間 19 隻）右上：回頭水域 1，右下：回頭水域 2



図-4.2.5 ニース港（2014 年 10 月：30 日間 3 隻）

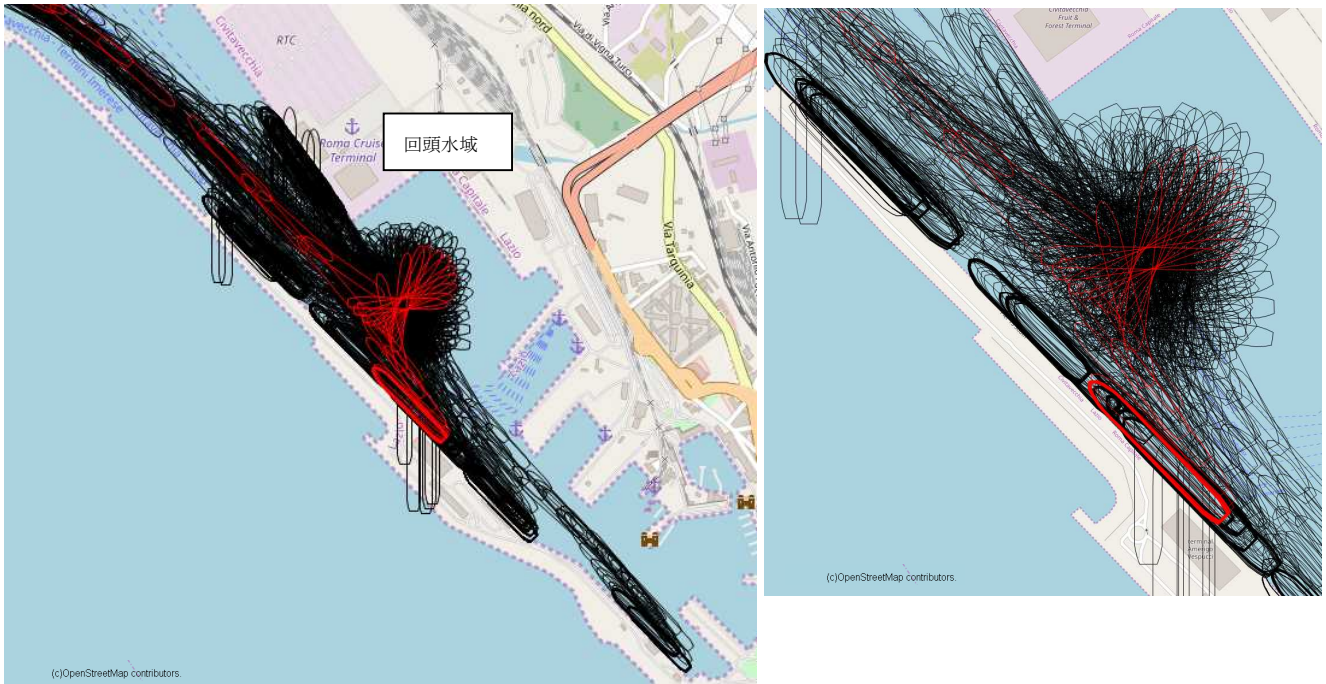


図-4.2.6 チペタベッキア港（2014年10月：10日間27隻）



図-4.2.7 ナポリ港（2014年10月：15日間16隻）

4.3 北・中米地域

1) バンクーバー港（カナダ，図-4.3.1）

当該港はアラスカクルーズの拠点となっている。

係留施設は2か所あり，その前面の比較的広い水域で回頭している．分析対象期間がオフシーズンであるため，把握されたのは3寄港分の航跡である．

2) NY/NJ港（米国，図-4.3.2）

大都市ニューヨークの中心部にクルーズターミナルが立地している．カナダ方面ならびにカリブ海方面のクルーズ拠点であり，ターミナルは3地域に分かれている．

- ・最も北側のターミナルでは係留施設が4バース確認され，これらの施設の前面で回頭が行われている．
- ・東側のターミナルについて係留施設は1バースのみであるが，大型クルーズ船の利用が複数回みられ，これらの船舶は同じ水域で回頭している．
- ・西側のターミナルについては，係留施設は1バースのみで，大型クルーズ船の利用は分析期間中1回のみであった．回頭は係留施設付近ではなく，沖合の水域で行われている．

3) マイアミ港（米国，図-4.3.3）

カリブ海クルーズの拠点であり，世界有数のクルーズ港である．クルーズターミナルは連続バースになっており，複数の大型クルーズ船の着岸が確認できる．多くのクルーズ船の入港があるが，回頭水域は奥側の1か所に集中している点が特徴的である．

4) Port Everglades（米国，図-4.3.4）

マイアミ港と並び，米国におけるカリブ海クルーズの拠点である．港湾内に少なくとも8か所の係留施設が確認されるが，これらの施設を利用する大型クルーズ船の多くは，中央の水域で回頭している．

南側に位置する係留施設を利用する場合には，その場回頭ではない特殊な操船方式がとられている（図-4.3.4右下図において赤で示した航跡）．これは，航行の方向と岸壁法線の方向が互いに垂直であるためであり，このようなケースではその場回頭以外の操船形態となる場合が多い．

5) Cozmel港（メキシコ，図-4.3.5）

カリブ海クルーズの中米での拠点港の一つである．

2か所のクルーズターミナル（桟橋）があり，合計5か所の係留施設が確認される．当該港には防波堤は設置されておらず，回頭のための水域は広い．このためその場回頭を行わずに方向転換を行う場合もみられる．

6) ナッソー港（バハマ，図-4.3.6）

カリブ海クルーズの拠点港である．

クルーズ専用ターミナル内に係留施設が5か所確認される．当該ターミナルを利用する大型クルーズ船は，すべて

係留施設近くの狭い水域でその場回頭を行っている．

7) 小括

北・中米の港湾においてはカリブ海クルーズをはじめ，クルーズ船への対応の歴史を有することから，欧州地域の港湾と同様に，船舶の大型化により港湾施設が手狭になりつつあるものと推察される．

複数の係留施設がある場合でも，一定の水域に回頭が集中しているケースがみられた（NY/NJ港の北側のターミナル，マイアミ港，Port Everglades，ナッソー港）．

このうち，マイアミ港により公表されている港湾レイアウト⁶⁾においては，当該港では「回頭のための水域」として4か所が指定されている．AISによる分析ではこのうちの1か所に実際の回頭が集中している状況がみられた．

欧州と同様，回頭が狭い水域で頻繁に行われる場合，洗掘による影響が発生している可能性がある（マイアミ港，Port Everglades）．



図-4.3.1 バンクーバー港（2014年10月：30日間3隻）

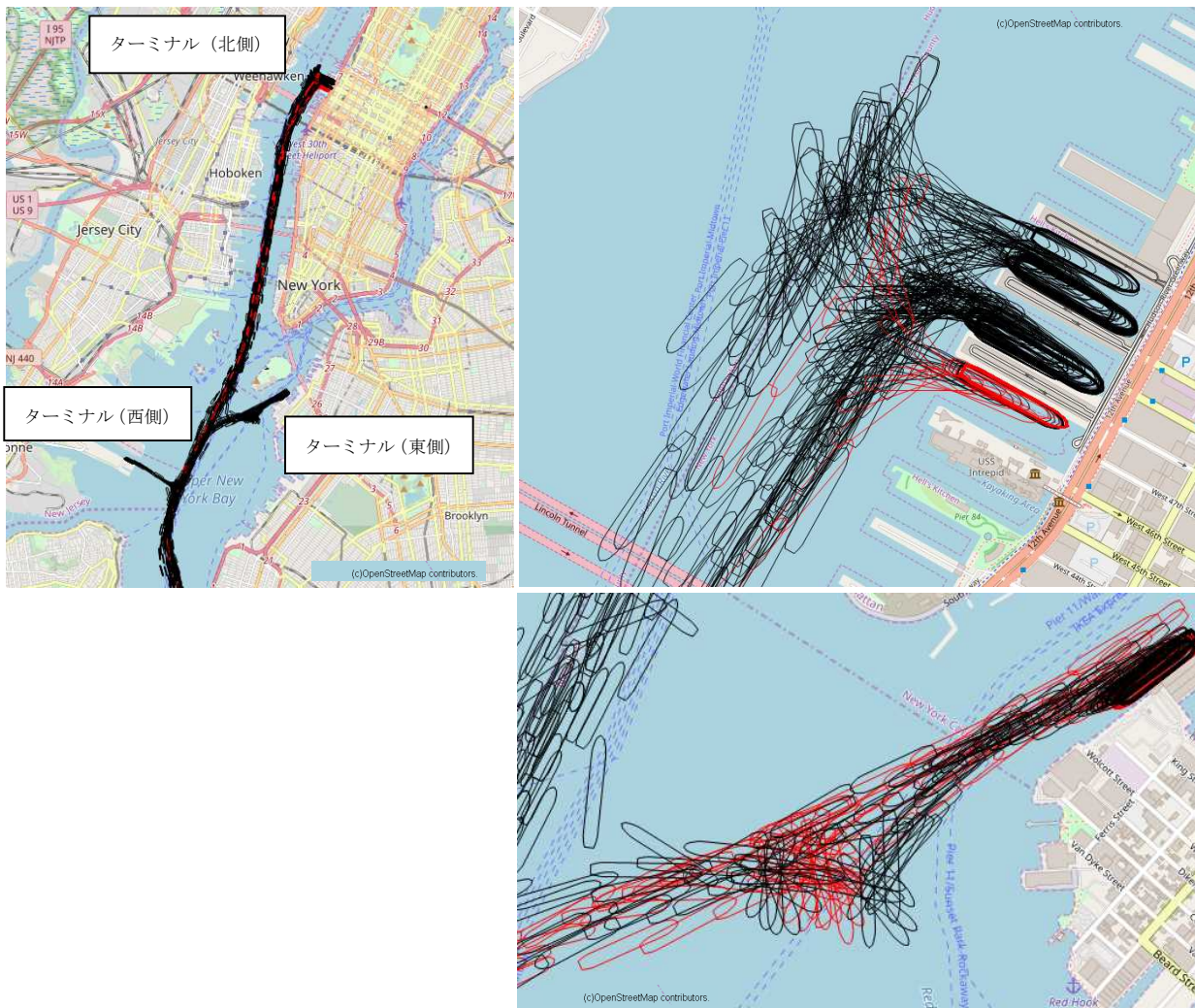


図-4.3.2 NY/NJ 港（2014年10月：20日間12隻） 右上図は北側、右下図は東側のターミナル

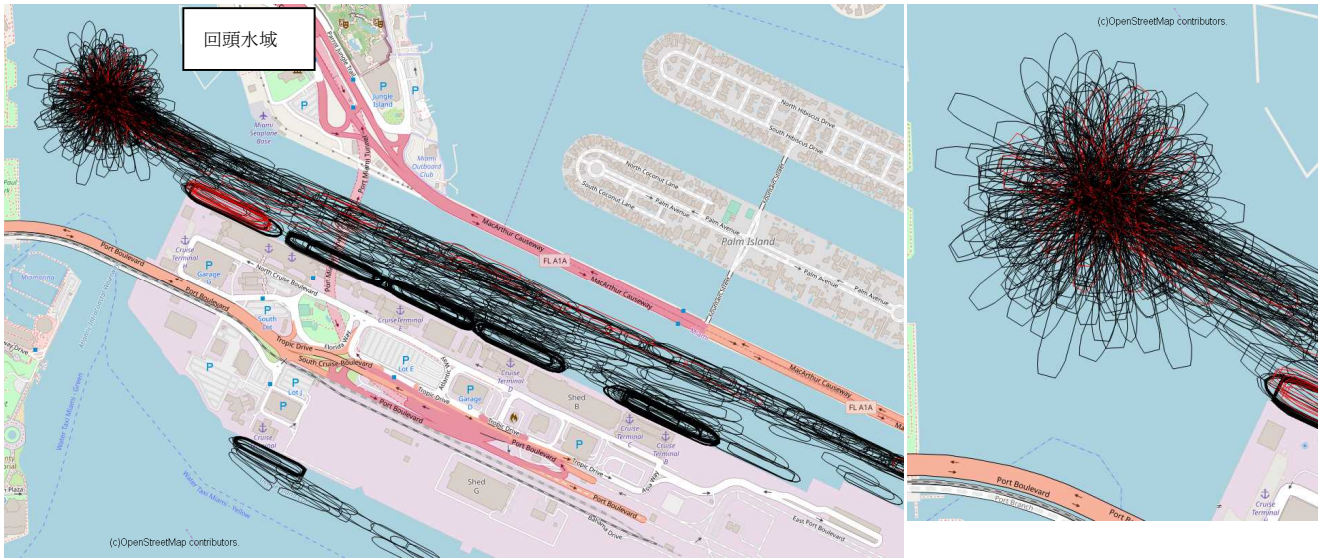


図-4.3.3 マイアミ港（2015年1月：15日間22隻）



図-4.3.4 Port Everglades（2015年1月：10日間22隻）

右下図は南側の施設を利用する場合の航跡

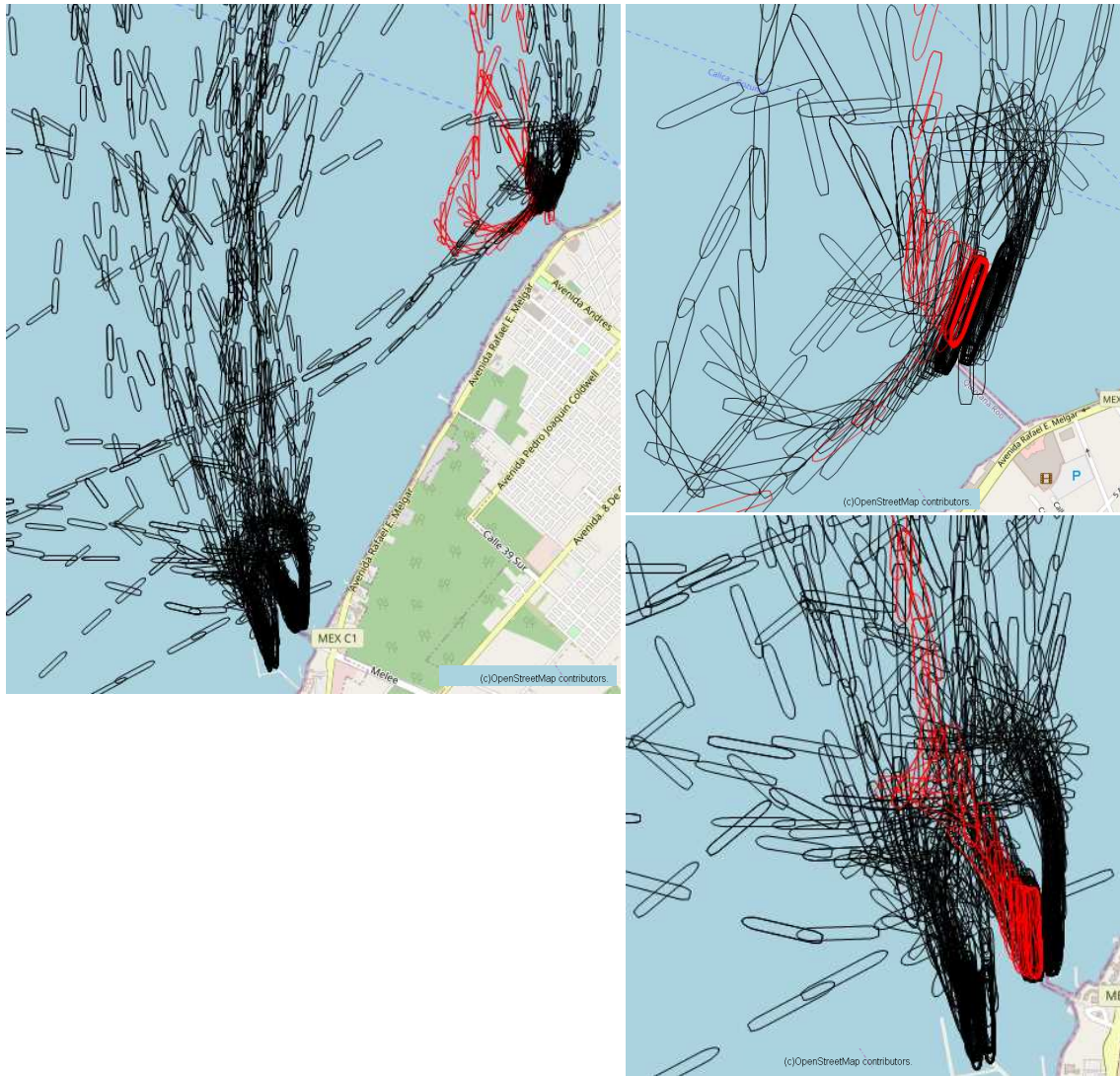


図-4.3.5 Cozmel 港 (2015 年 1 月 : 20 日間 31 隻)



図-4.3.6 ナッソー港 (2015 年 1 月 : 15 日間 33 隻)

4.4 アジア地域（日本以外）

1）上海港（中国，図-4.4.1）

上海市中心部に近い宝山区にクルーズターミナルが存在し、2か所の係留施設が認められる。当該地区は長江に立地するが、前面水域が広いため、様々な操船形態での回頭がみられる。

上記のターミナルとは別に、上海市の中心部まで河川を遡り着岸するケースも見られた。

2）釜山港（韓国，図-4.4.2）

主要なコンテナターミナルの拠点となっている釜山新港ではなく、従来からの市街地に近い釜山港（東港）側にクルーズターミナルが存在し、2か所の係留施設が認められる。上海港と同様、前面の水域が比較的広いため、複数の形態での回頭がみられる。

3）香港港（中国，図-4.4.3）

クルーズターミナルは2地区に分かれている。複数の係留施設が存在する西側のターミナルでは、係留施設の前面において回頭が集中しているが、当該水域は狭い。

2013年に東側にKai Takターミナルが供用開始したが、当該ターミナルの利用も確認できる。当該ターミナルの前面水域は比較的広い。

4）高雄港（チャーンズタイペイ，図-4.4.4）

クルーズターミナルは1か所確認できる。当該ターミナルの所在する内湾から外洋へのアプローチは2経路あり、このうち北側を10万総トンクラス未満の船舶が通航し、それより大型のクルーズ船は、高雄港の南まで内湾を南下する。これらの経路に応じて、湾内での回頭の形態が異なるという特徴がある。

5）レムチャバン港（タイ，図-4.4.5）

コンテナターミナルが存在する地区の一角にクルーズターミナルが存在する。係留施設前面の水域は狭いことから、広い水域まで移動しての回頭となっている。

6）小括

欧州や北・中米のクルーズ港と比較し、香港を除いては係留施設の数はいくつか少なく、1港湾あたり1～2バースである。これはアジア地域においては、クルーズ需要が欧米ほどには顕在化していないことが要因と考えられる。また、回頭が一定の狭い水域に集中するという状況は見られない。

香港、高雄港は地形的な制約から、狭い水域での回頭が必要となっているが、それ以外の港湾では比較的広い水域で回頭し、またその形態も様々である。

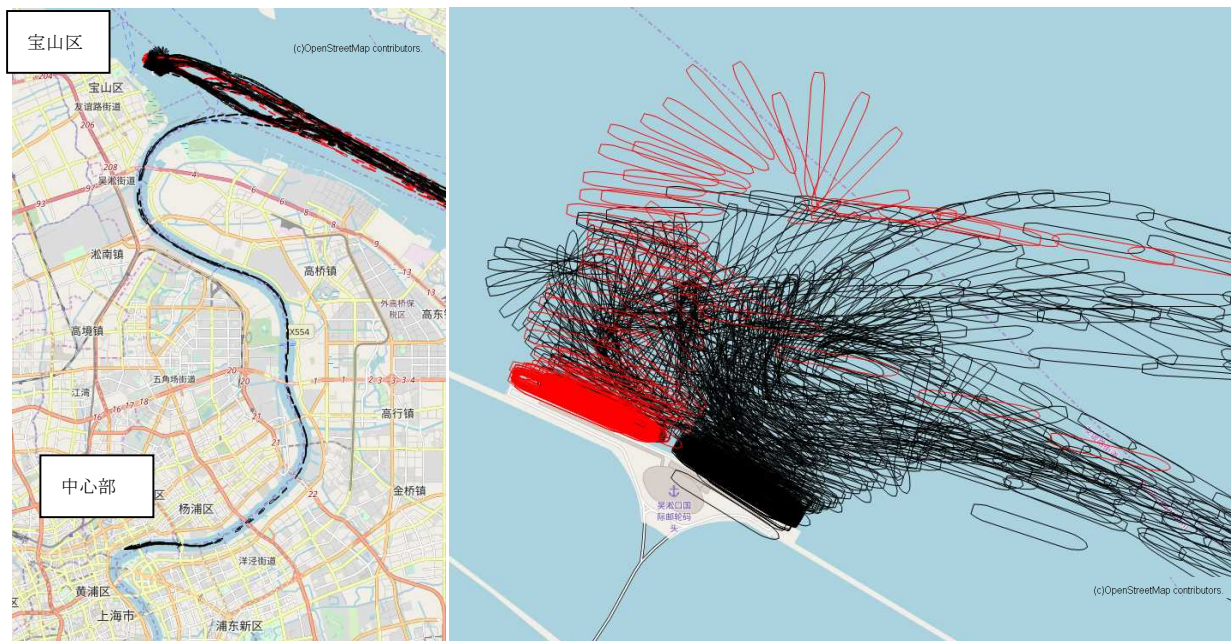


図-4.4.1 上海港（2014年10月：25日間4隻）右図は宝山区のターミナル

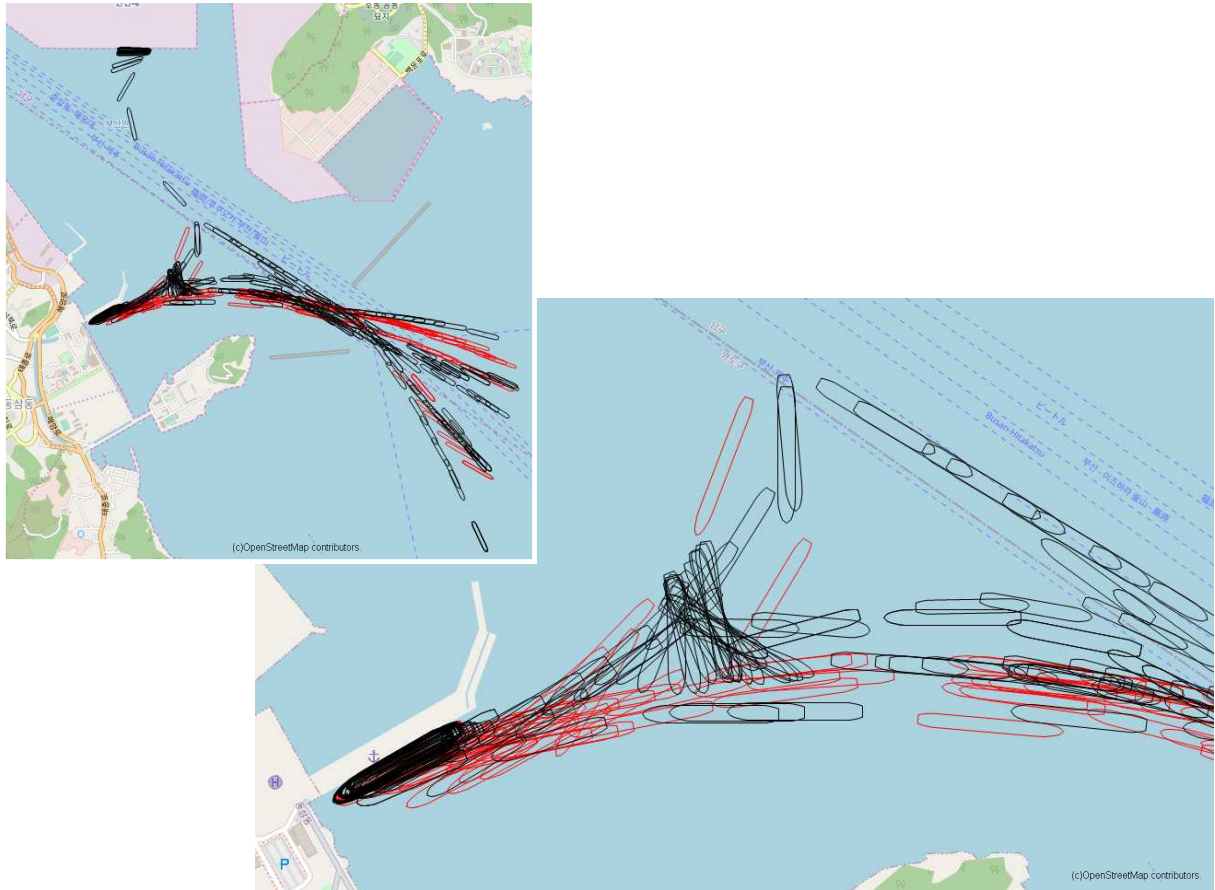


図-4.4.2 釜山港（2014年10月：30日間8隻）

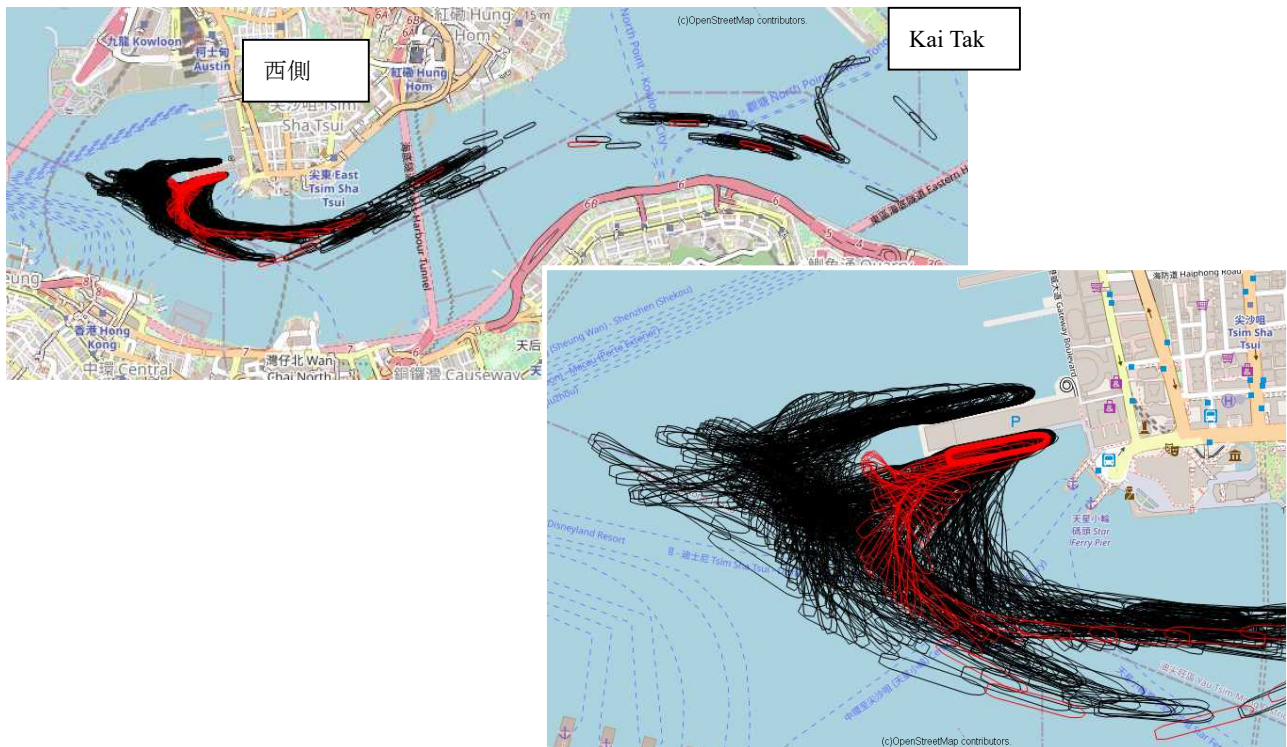


図-4.4.3 香港（2014年10月：30日間9隻）右下図は西側のターミナル

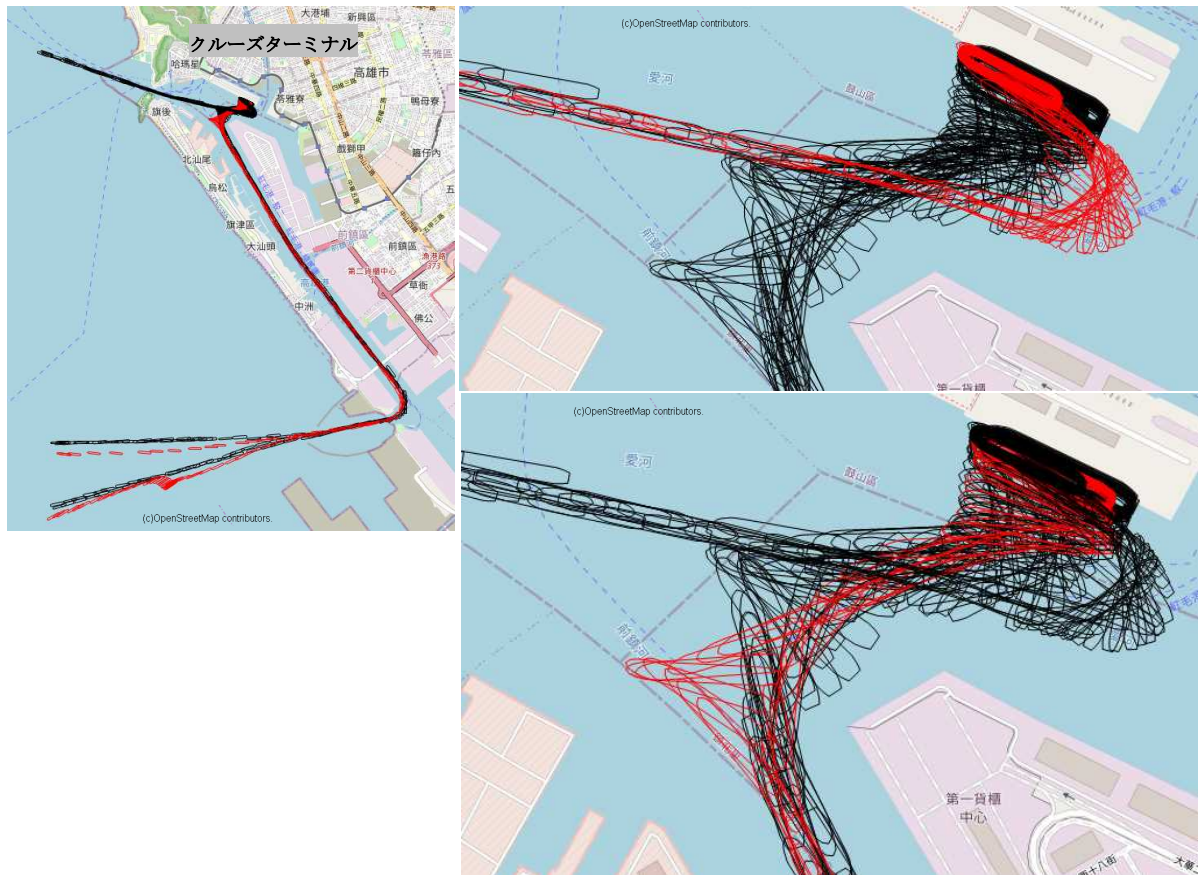


図-4. 4. 4 高雄港（2014 年 10 月：30 日間 5 隻）

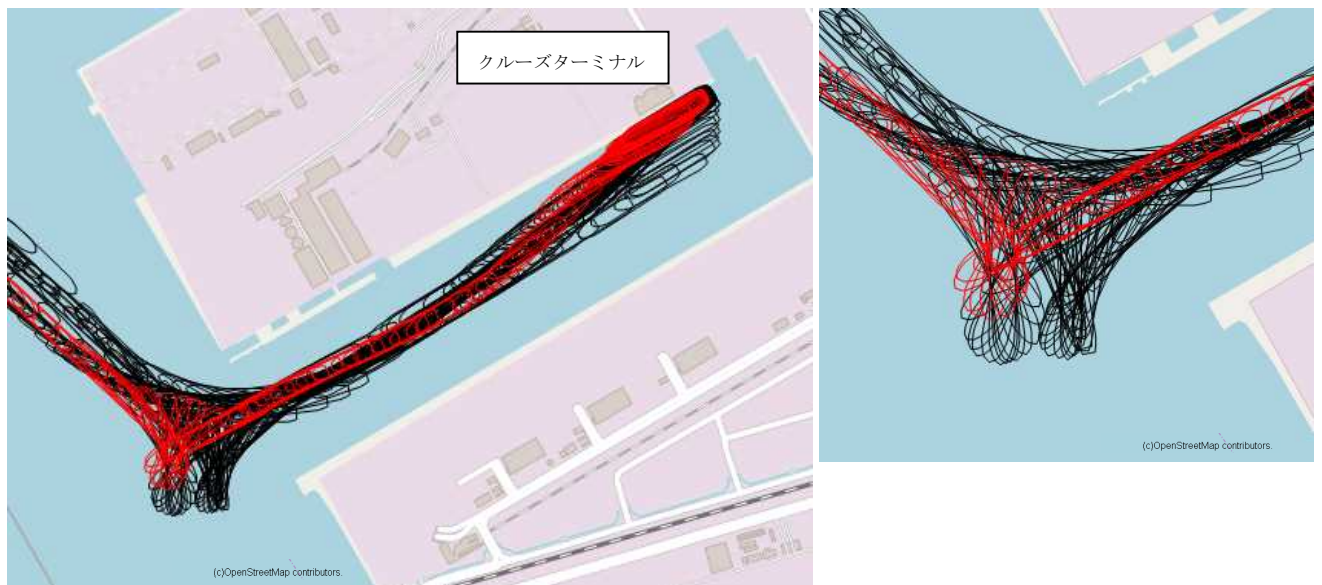


図-4. 4. 5 レムチャパン港（2014 年 10 月：30 日間 5 隻）

4.5 アジア地域（日本）

1) 小樽港（図-4.5.1）

係留施設は1か所である。2隻分の航跡が確認されたが、両ケースともに岸壁前面ではなく、防波堤の前面まで移動して回頭している。

2) 函館港（図-4.5.2）

係留施設は1か所である。係留施設法線に対して進入方向が垂直であり、入港時には岸壁前面まで直進し着岸の直前に船の向きを変える航跡となっている（出港時も同様に岸壁前面で船の向きを変えている）。当該図では5隻分の航跡が描かれているが、いずれも類似した操船形態となっている。

3) 境港（図-4.5.3）

係留施設は1か所である。防波堤と岸壁とで挟まれた狭い水域において回頭を行っている。

4) 横浜港（図-4.5.4）

クルーズ船は大黒橋・山下ふ頭地区と、ベイブリッジ外側の大黒ふ頭地区に着岸する。

前者においては2か所の係留施設への着岸が認められ、岸壁近傍の水面で回頭を行うが水域がやや狭いため、類似の操船形態による航跡がみられる。後者については、前者と比較して岸壁前面の水域が広いと、様々な形態の操船がみられまたやや大回りしている状況がみられる。

5) 名古屋港（図-4.5.5）

係留施設は1か所である。2隻分の航跡が確認されたが、両ケースともに岸壁で囲まれた比較的狭い水域での回頭となっている。

6) 大阪港（図-4.5.6）

係留施設は1か所確認される。7隻分の航跡が確認されたが、岸壁前面の水域が狭いことから、岸壁からやや離れた水域で回頭がなされている。当該水域において回頭が集中的に行われており、それぞれの航跡は類似した形状となっているとともに「操船ずれ」が確認される。

7) 神戸港（図-4.5.7）

係留施設は2か所であるが、東側のクルーズターミナルへの着岸が多い。当該ターミナル前面の狭い水域に回頭が集中している状況がみられる。函館港と同様に係留施設法線に対して進入方向が垂直となっており、航跡も類似している。

8) 長崎港（図-4.5.8）

係留施設は1か所である。8隻分の航跡が確認されたが、いずれも岸壁前面の水域において回頭している。水域に余裕が少ないため、類似の操船形態による航跡がみられる。

9) 博多港（図-4.5.9）

大型クルーズ船の着岸は博多港国際ターミナルと、箱崎

地区においてみられる。

博多港国際ターミナルに着岸するクルーズ船の回頭箇所は岸壁前面での水域に集中し、一部は防波堤側の水域で回頭している。岸壁前面の水域は向かい側の岸壁とで囲まれた水域であり、やや狭くなっている。

箱崎地区については1隻の係留が確認されたが、係留施設に近い水域での回頭がみられた。

10) 那覇港（図-4.5.10）

係留施設は2か所である。4隻分の航跡が確認されたが、市街地に近い南側のターミナルへの着岸が多い。当該ターミナル付近の水域に余裕があるため、様々な形態での回頭がみられる。

北側の係留施設については付近の水域がやや狭いため、当該施設から離れた水域で回頭している。

11) 小括

欧州や北・中米のクルーズ港と比較し、1港湾あたりの係留施設の数は少なく、1～3バースである。また複数のクルーズターミナルが整備されている場合も少ない。これは他のアジア各国と同様、日本においてはクルーズ需要が欧米ほど顕在化していないことが要因と考えられる。

横浜港、神戸港、博多港等の従前から旅客ターミナルを整備してきた港湾では、クルーズ船の規模に比較し狭い水域での回頭がみられる。これは施設整備後の船舶の大型化の進展が要因と推察される。これ以外の港湾は従来貨物船を主に受け入れてきたが、近年の我が国へのクルーズ船の入港の増加に対応し、大型クルーズ船に対応できる係留施設の確保を行ったものとみられる。

神戸港、博多港、長崎港では、岸壁前面の比較的狭い水域に回頭が集中している状況がみられた。

4.6 まとめ

世界各地の港湾利用実態から得られる傾向を以下に示す。

第一に、一定の歴史のある欧米の港湾を中心に回頭するための水域が狭く、操船形態としてその場回頭が多い。他方アジアを中心に、余裕のある水域で回頭する場合は操船の自由度が大きいため、様々な形態での回頭がみられる。

第二に、ターミナル・係留施設数では、欧米の港湾がアジアよりも多い傾向にある。また欧米では係留施設が複数存在する場合においても、回頭水域が1か所ないしは数か所に集中している場合が多く見られる。

第三に、一つの回頭水域に着目した場合、クルーズ船は類似の航跡（操船方法）で回頭する傾向があるが、入港毎に回頭の位置や回頭時の航跡の大きさが少しづつ異なっており、「航跡のずれ」が確認される。これは世界的に共通してみられる傾向である。

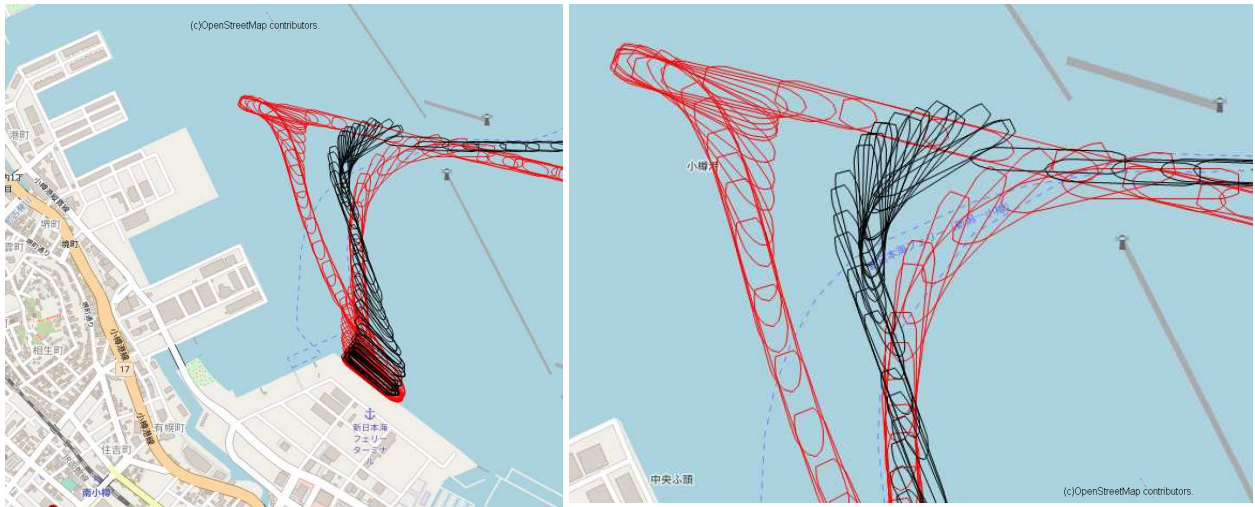


図-4.5.1 小樽港 (2014年10月: 30日間2隻)

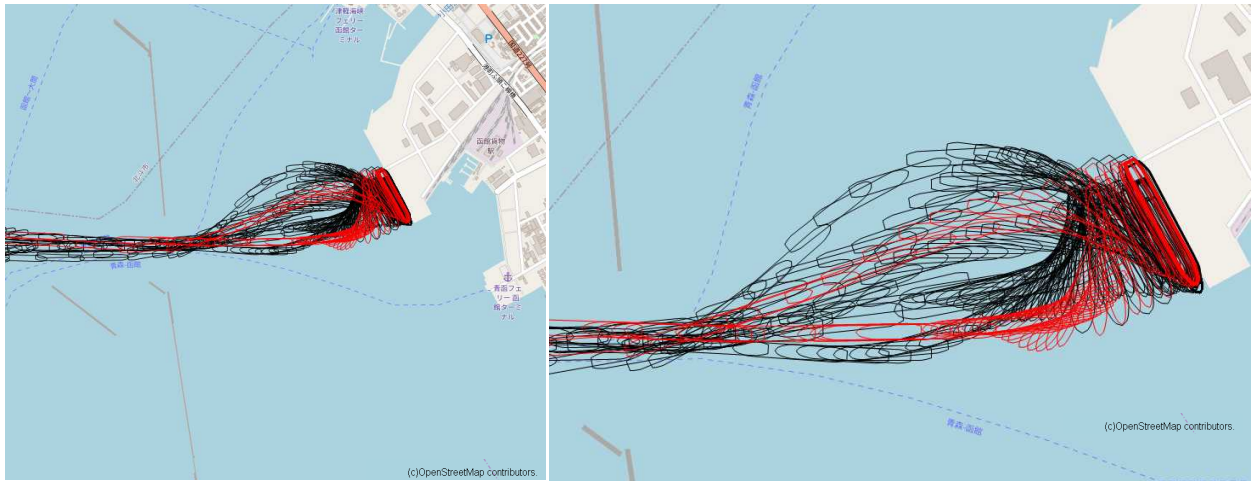


図-4.5.2 函館港 (2018年8-10月: 60日間5隻)

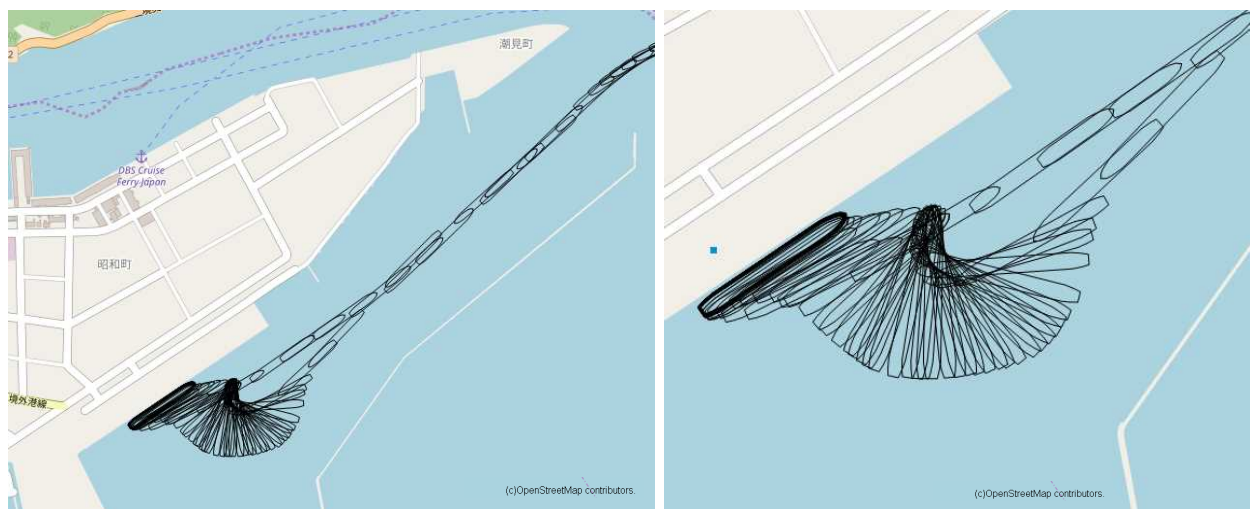


図-4.5.3 境港 (2014年10月: 30日間1隻)

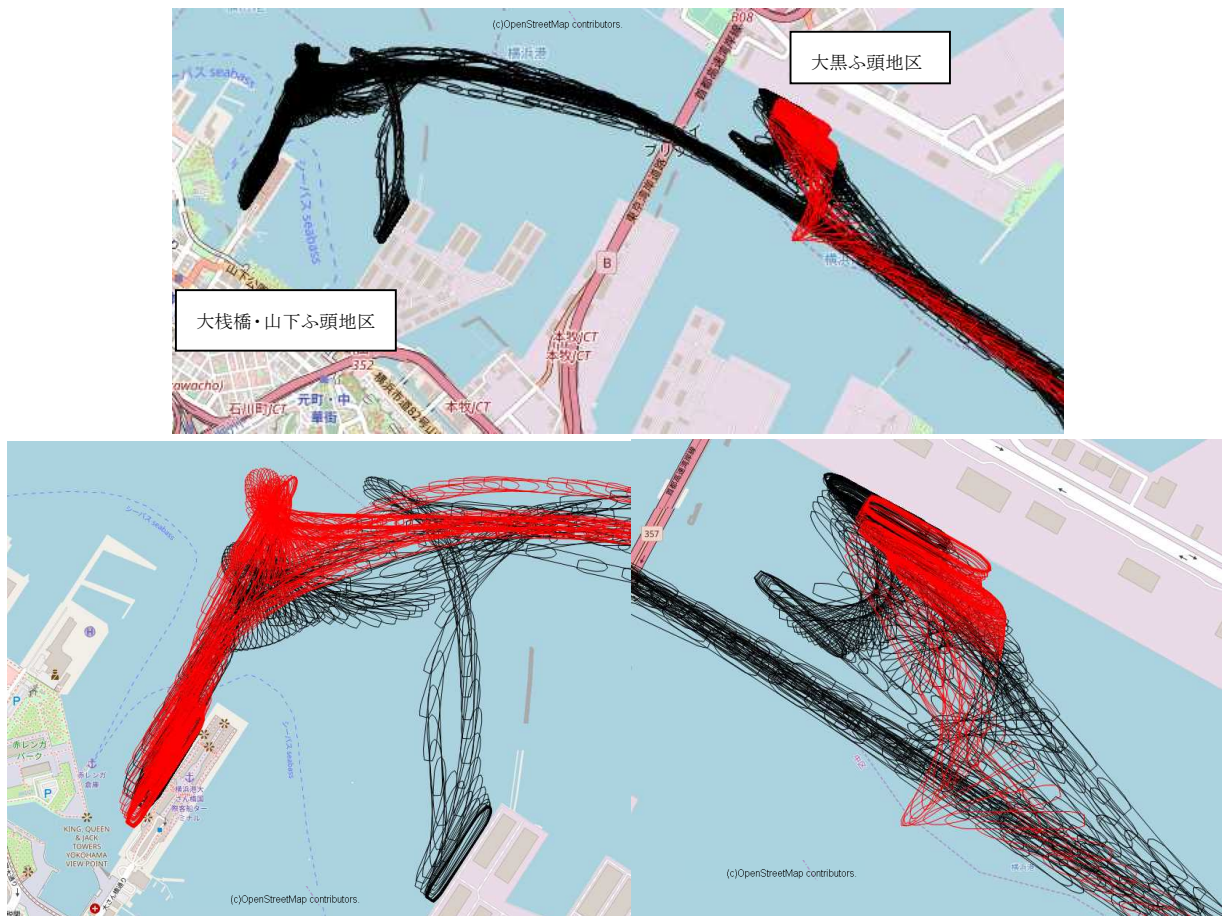


図-4.5.4 横浜港（2019年5月：30日間11隻）

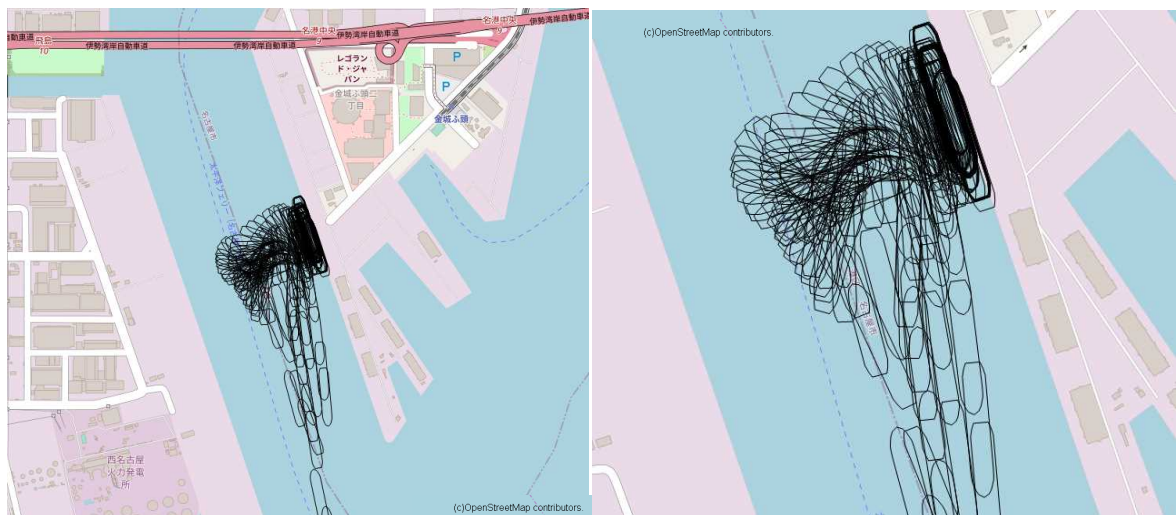


図-4.5.5 名古屋港（2018年10-12月：60日間2隻）

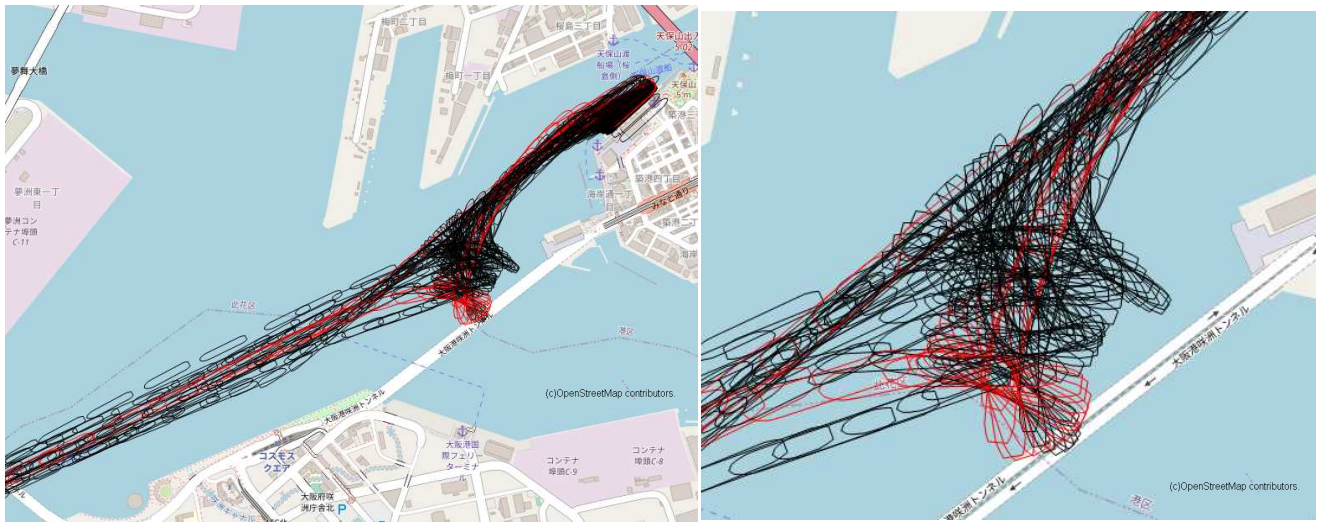


図-4.5.6 大阪港（2018年4-6月：60日間7隻）

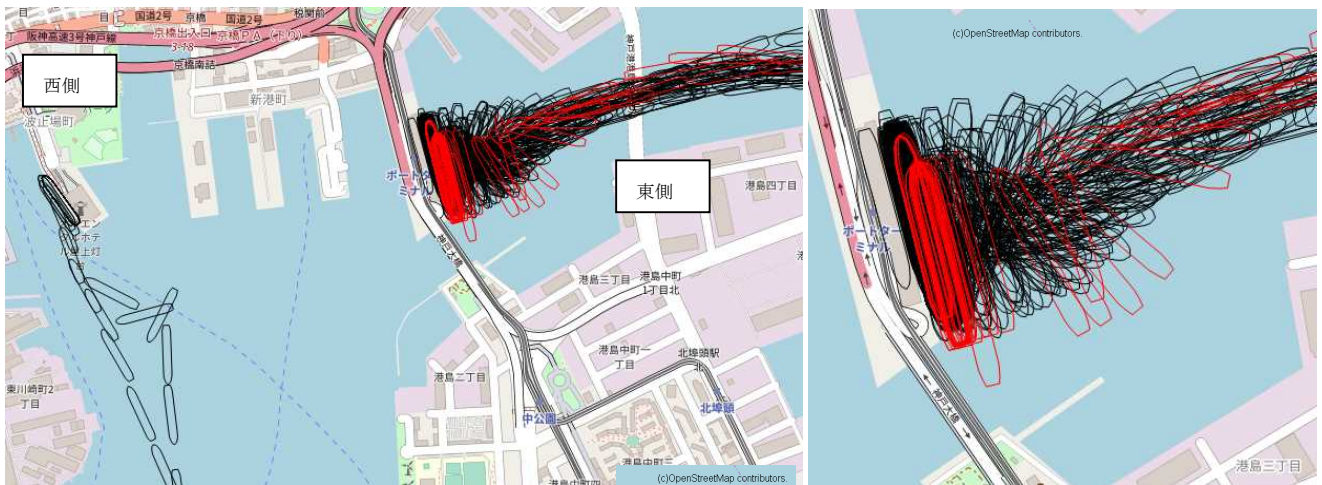


図-4.5.7 神戸港（2018年4-6月：60日間10隻）

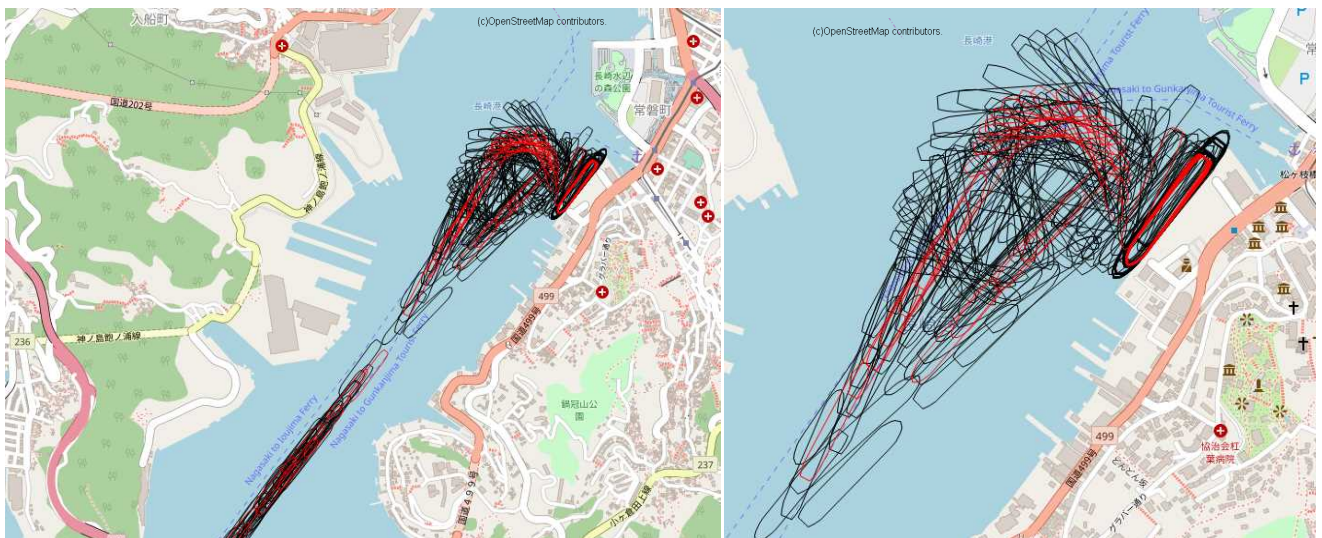


図-4.5.8 長崎港（2016年12月：20日間8隻）

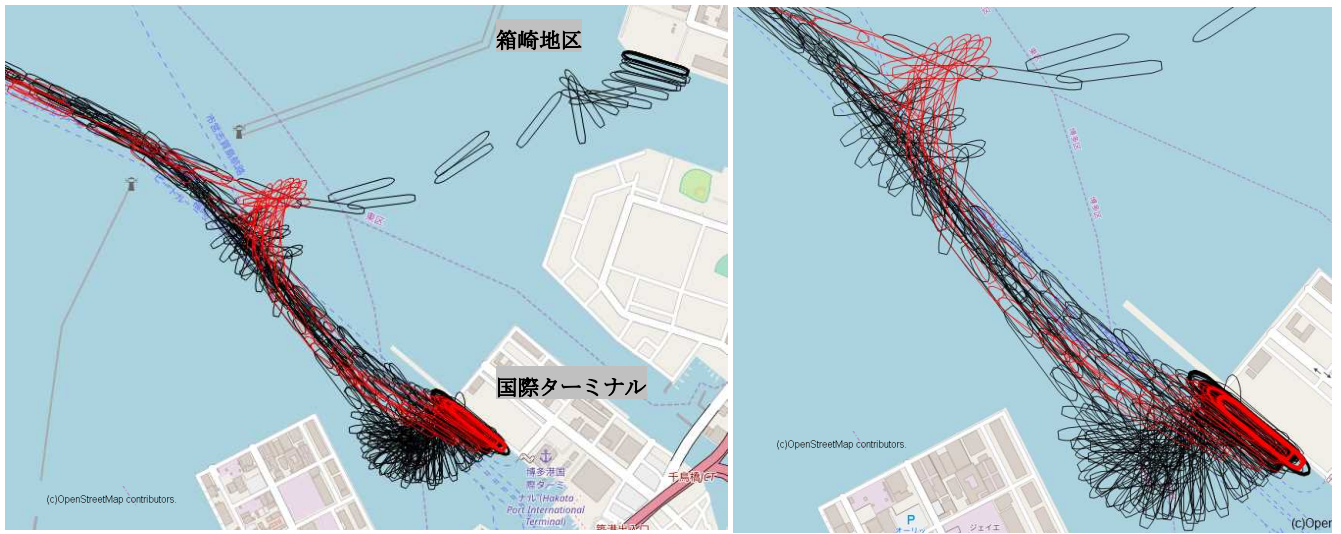


図-4.5.9 博多港（2016年12月：20日間11隻）右図：国際ターミナル

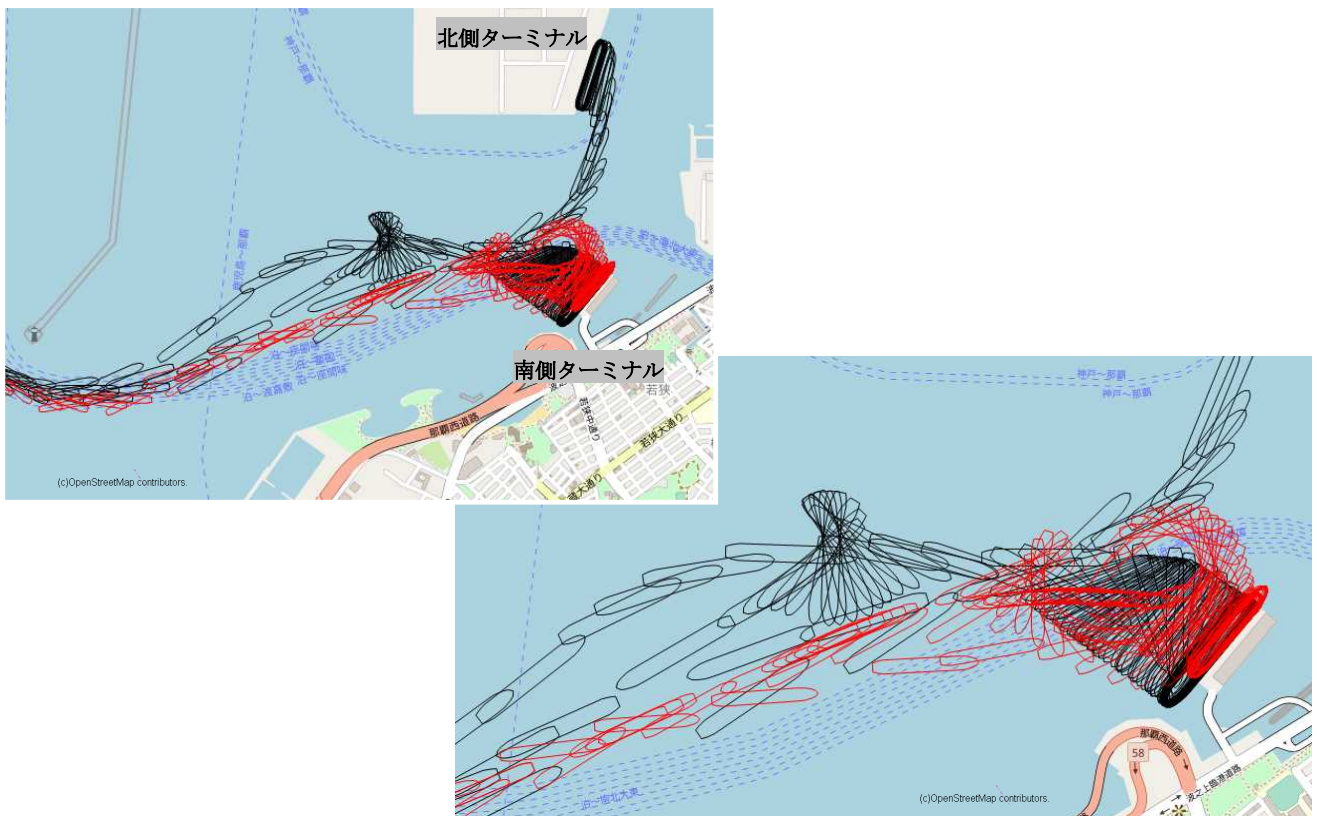


図-4.5.10 那覇港（2016年12月：20日間4隻）

5. 高性能船の回頭水域規模に関する分析

5.1 分析の概要

高性能船は、 $2L$ を直径とする円よりも狭い水域で自力回頭できる能力があるとの指摘が一部のクルーズ船社によりなされている。本章では、AIS データによる航跡を分析することで、回頭水域規模の評価を行う。本分析は以下の2点を前提とする。

第一に、高性能船についてはタグボートの支援を受けず自力で回頭を行うことが一般的とされていることから、タグボートによる支援はないものとみなす。

第二に、高性能船の回頭水域規模を評価するためには、タグボートの支援を受ける高性能船以外の船舶との比較を行うことが望ましい。しかし、タグボートは AIS 搭載義務の対象でないことから必ずしも AIS 信号を発していないこと、また国総研の有する AIS 分析ソフトではタグボートの支援の状況は分析できないことから、本資料では高性能船のみを評価対象とする。

5.2 AISデータによる分析

高性能船の回頭水域規模を分析するため、AIS データによって得られる入港時の航跡を包含する円を当てはめ、その直径規模を測定した。

ここで回頭円の規模はクルーズ船が利用できる水域の広さに左右されると考えられる（すなわち、余裕がある水域では広い水域を使って回頭するため、3つのタイプに分類した。タイプ1は、入港船の全長 L に対して $2L$ よりも広い水域が確保できる場合（図-5.2.1）、タイプ2は $2L$ と同程度の水域が確保できる場合（図-5.2.2）、タイプ3は $2L$ 確保が難しい場合である（図-5.2.3）。

図-5.2.4 は実際の回頭水域規模の分析例（タイプ3）であるが、狭い水域で回頭しその規模は約 $1.1L$ であると計測される。このような計測を欧米、アジアの港湾への入港計51 サンプルについて実施し、タイプ別に回頭水域の規模を比較した（図-5.2.5 ならびに表-5.2.1）。

回頭水域の広いタイプについて標準偏差が大きくまた平均値が大きい。これは水域が広いほうが水域利用の自由度が高く大回りしている傾向を示すものである。最低の規模として $1.1L$ 程度の水域規模で回頭している場合もあるが、それ以上の規模になる場合も多く計測される。これは、風や港湾の地形の制約など、操船に影響する要因によるものと考えられる。このため、最も水域が狭いタイプ3の最大値（危険側）である、約 $1.6L$ が高性能クルーズ船の必要水域規模の一例とみられる。ただし現存する高性能船の一部についての検証結果であることに留意が必要である。



図-5.2.1 タイプ1の例



図-5.2.2 タイプ2の例



図-5.2.3 タイプ3の例



図-5.2.4 回頭水域規模（回頭円）分析例

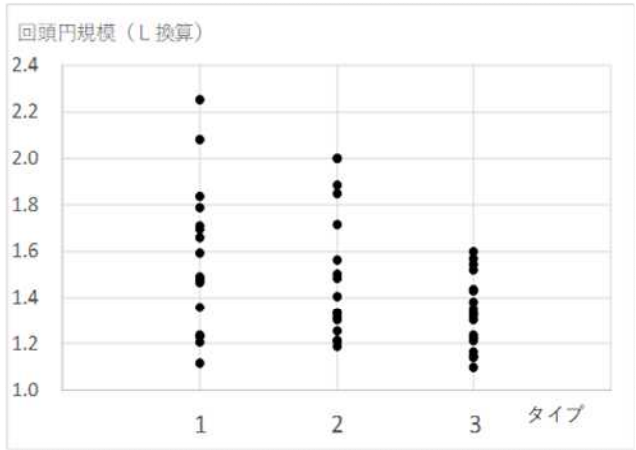


図-5.2.5 タイプ別の回頭円規模（実測値）

表-5.2.1 タイプ別の回頭円規模（平均値等）

	サンプル数	平均	最大	最小	標準偏差
タイプ1	16	1.6	2.3	1.1	0.10
タイプ2	17	1.5	2.0	1.2	0.080
タイプ3	18	1.3	1.6	1.1	0.026

5.3 操船シミュレーターを用いた評価事例

5.3.1 評価の概要

クルーズ船の必要水域規模については操船者からみた評価が重要である。そこで操船シミュレーターを用いた操船実験により、操船者の評価も踏まえた回頭規模に関する検討を行った。以下実験の概要を示す。

- ・2隻の高性能船（22万総トン級、14万総トン級）を対象にフルミッションの操船シミュレーターを用いた評価を行う。前者はポッド推進方式、後者は舵式の船舶である。
- ・岸壁前面での自力でのその場回頭を再現し10名の評価者（海事関係者）がその許容性について5段階で評価する。
 - 5点：許容でき、問題ない。
 - 4点：ほぼ許容でき、余裕がある。
 - 3点：許容できるが、余裕が少ない。
 - 2点：許容の限界、余裕がない。
 - 1点：許容できない。
- ・外力として風を考慮し平均風速10m/sを与える。これは各地の入港安全に関する運用基準を参考に設定した。
- ・その場回頭は、岸壁前面での操船を想定し、片側に岸壁、その反対舷側に水域の限界を示すブイを設置した（図-5.3.1）。その場回頭の操船は、舵船は船首尾双方のスラスターにより、ポッド船においては船首側のバウスラスターとポッドを使用して回頭するものとする。
- ・回頭のための操船については、変位を抑えるよう主機の使用等により位置制御を行う。操船中は、岸壁やブイとの距離、回頭角速度の情報のほか、使用されているスラ

スター出力や主機使用状況を随時評価者に報告する。

- ・岸壁とブイにより設定される水域規模3ケース（1.8L, 1.6L, 1.4L）において操船し、それぞれについて評価者10名が5段階評価を行う。

- ・操船シミュレーション時にはCG画面を共有する。その一例を図-5.3.2に示す。

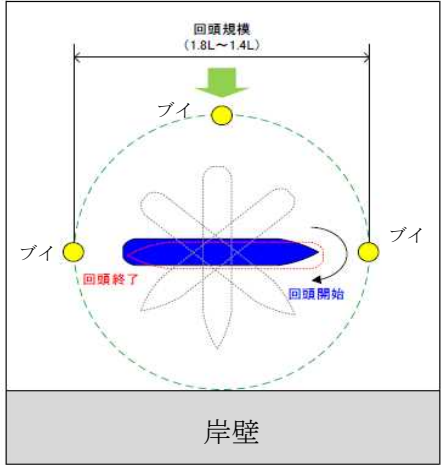


図-5.3.1 操船シミュレーションの状況設定



図-5.3.2 実施時のCG画像の例

5.3.2 評価結果と考察

評価結果を表-5.3.1に示す。

表-5.3.1 評価結果

対象船舶 (GT)	回頭水域 (L)	1～2点未満	2～3点未満	3～4点未満	4～5点未満	5点	平均
14万	1.8	0	1	2	5	2	3.9
	1.6	1	2	6	1	0	2.9
	1.4	5	5	0	0	0	1.7
22万	1.8	0	1	0	7	2	4
	1.6	1	0	6	3	0	3.2
	1.4	5	4	1	0	0	1.8

1.4Lについては平均点が2点を下回り、許容されない水域規模である。1.6Lについて平均点が約3点である。ただし、1.6Lについて1点ないしは2点と評価した評価者も存在すること、3点は操船上「余裕が少ない」状況であるこ

とに留意する必要がある。1.8Lについては平均点が約4点であり、一定の余裕があると評価される。また、定量的な評点と同時に、安全な操船に影響する事項（定性的評価）に関し自由回答での指摘を求めた結果、以下のような論点が示された。必要水域規模の評価においては、操船者の主観的要素も重要と考えられる。

- ・風速条件が重要である。風速条件によっては対象としたシナリオのいずれでも回頭は難しい。
- ・空間的に余裕がないと、圧迫感があり心理的にプレッシャーがある。
- ・岸壁との位置関係を視覚的に確認できないと不安である。
- ・船舶の回頭の際の角速度が速いとリスクを感じる。
- ・岸壁からの離隔距離がないと不安を感じる。
- ・行脚（それまでの勢いで走り続けようとする）のコントロールができるかが重要である。
- ・水域が狭い場合、操船者の技量が影響する。

5.4 まとめ

本章の内容を以下にまとめる。

第一に、AISデータによる航跡の実測から、必要水域規模の分析を行いその一例としての数値（1.6L）を得た。

第二に、高性能船（2隻）を対象とした操船シミュレーター（その場回頭）による操船者による評価においては、1.6L程度の水域規模が一定の外力（風速）下で、5段階評価の約3点という評価を得た。

第三に、操船者からみた回頭時のリスク要因は、風による影響の制御のほか、空間的な圧迫感や視覚的な確認の可否、回頭の際の角速度や行脚の制御の可否等がある。

6. クルーズ船回頭能力評価のための指標の提案

6.1 指標の意義と考え方

現在回頭時の必要水域規模の評価のためには、操船シミュレーターが主に使用されている。しかし当該手法には一定の費用と時間を要するため、これを簡便に評価できる手法があれば有益であろう。

既存の文献ならびに操船シミュレーション実験時の指摘においては、クルーズ船の入港時のリスク要因として風による影響が挙げられている。この一方、ポッド推進方式や高出力のスラスターは船舶の横方向の大きな推力を生み出し、狭い水域において、自力で安全に航行するための手段として活用されるものである。以上のことから、風圧とスラスター等による推力に関する情報を用いることで、クルーズ船の自力での回頭時のリスクを相対的に評価することに一定の合理性があるものと考えられる。

本章ではこの考え方に基づいた指標を提案する。当該指標の入港評価への適用については、今後各地での取り組みにおいて検討されることが期待される。

本田⁷⁾は、航行安全に必要なとなる3つの要素を示している。第一は人的要素である。これは通常の操船能力・資格を有する操船者が操船を行うことを前提とすれば、一定水準が確保できるものとみなせるであろう。第二は、船舶の能力であるが、本指標では風に対抗するスラスター等の能力を評価することで、船舶の能力を評価対象とする。

第三は、航行環境である。風や潮流、港湾内の地形が含まれる。このうち風については本指標において考慮する。これ以外の潮流、港湾内での地形等の港湾特有の条件に関しては本指標の適用において二つの考え方が想定される。

- ① 通常クルーズ船が入港している港湾では、風以外の航行環境は回頭時の安全性に大きく影響しないものとみなす。新規のクルーズ船の能力を評価しようとする場合、既に各地の港湾において一定の水域規模（例えば1.6L）で回頭実績のあるクルーズ船と新規のクルーズ船とを当該指標で比較する。その結果新規クルーズ船の能力が既存船と同等以上であると確認できれば、各地の港湾において安全に入港できるとみなす。
- ② 風以外の潮流、港湾内での地形は回頭時の安全性に影響するものとみなす。例えばある港湾に新規のクルーズ船が入港しようとする場合、既に当該港への入港実績のあるクルーズ船との能力を当該指標で比較する。能力が同等以上であると確認できた場合、当該港についてのみの入港の安全性が確認されたものとみなす。

いずれの場合も、操船シミュレーター等に基づく詳細な必要水域規模の検討がなされた実績があることが、当該指標の活用に必要なものである。その後の新規クルーズ船に関する評価のための検討の一部を簡素化するという目的での当該指標の利用が想定される。なお、極めて水域が狭い等の特殊な条件では、第一の人的要素について十分な水準が確保できないことも想定されるため、当該指標のみではなく、操船シミュレーター等に基づく詳細な検討が必要になろう。

以下指標の定式化は芳村康男先生（北海道大学名誉教授）のご指導をいただき検討された。

6.2 指標による評価方法

クルーズ船は船首・船尾のスラスター（舵式の場合）、バウスラスターと船尾のポッド式推進器（ポッド推進式の場合）を用いて自力回頭を行おうとするが、風を受ければ回頭の際の水域規模が大きくなり、リスクが高くなる（この際クルーズ船の風圧面積が大きければ風圧も大きくなる。）。しかし、スラスター等の推力が十分であればこの影響を軽

減することができる。以上のことから、クルーズ船がスラスタ等を利用して耐えられる風速（風圧）を、風による影響を想定した回頭能力の指標とすることを提案する。この際、回頭時の複雑な船体運動を直接考慮するのではなく、指標の算定の簡便性に考慮し、クルーズ船の真横から風が当たる危険側の状況を想定（図-6.2.1）した上で、「横維持最大風速」を以下の式によって算定することを提案する。用途として船舶間の能力を相対評価するために用いる。

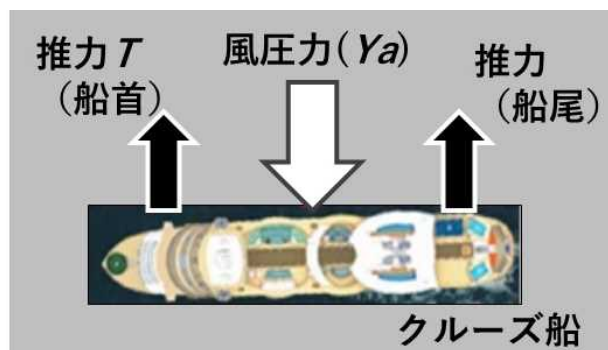


図-6.2.1 風圧力と推力との関係

風圧力 Y_a は以下により算定する。

$$Y_a = (\rho \ C_y \ A_y \ U^2)/2 \quad (1)$$

ρ : 空気密度 (=1.25kg/m³)

C_y : 側面風圧抵抗係数

A_y : 水線上側面投影面積 (m²)

U : 風速 (m/s)

ここで側面風圧抵抗係数の算定は、港湾の技術基準¹⁾における航路幅算定手法（第二区分）と同様に式(2)による。これは山野他⁹⁾により提案されているものである。

$$C_y = C_{y1} \sin\theta + C_{y2} \sin 2\theta + C_{y3} \sin 3\theta \quad (2)$$

θ : 船首から図った風向角 (rad)

それぞれの係数 C_{yi} は、 A_y/L_{pp}^2 、 X_G/L_{pp} 、 L_{pp}/B 及び A_y/A_x と表-6.2.1における係数との積和により算定される。表中の記号は以下のとおりとする。本指標の算定において風向角は $\pi/2$ とする。

L_{pp} : 垂線間長 (m)

A_x : 水線上正面投影面積 (m²)

X_G : 側面積の図心位置の前部垂線からの距離 (m)

B : 船幅 (m)

ここで垂線間長は全長とは異なり、満載喫水線上の船首材の前端から舵軸の中心線までの水平距離である。

推力については対象船舶のバウスラスタの最大出力の合計値 (T_{max}) の2倍とする。これは自力での回頭の際、

- ・ポッド式の場合、ポッド推進器による推力がバウスラスタによる推力とバランスできる
- ・舵式の場合、スターンスラスタの推力の合計がバウスラスタの推力の合計を下回る場合があるが、プロペラを利用することで、船尾側でも船首側と同程度の推力を得ることができる

と考えられるためである。また操船時出力は常に最大とは限らないが、クルーズ船の回頭時の能力の相対評価を行う指標算定における代表値として最大出力を用いる。

以上より横維持最大風速 U_{max} は、図-6.2.1を踏まえ、

$$Y_a = 2T_{max} = (\rho \ C_y \ A_y \ U^2)/2 \quad (3)$$

となる風速 U を求めることで得られるため、

$$U_{max} = (4T_{max}/(\rho \ C_y \ A_y))^{1/2} \quad (4)$$

により算定できる。

算定に必要なクルーズ船の能力や諸元に関するデータは船舶の詳細な図面を示した文献⁸⁾において得られることもあるが、船会社等から評価対象船の設計図等を入手する必要がある。またスラスタ能力についても、パイロットカードや船会社等から数値を入手する必要がある。

なお、パイロットカード等において、一般的にスラスタの出力はkW単位で示され他方、上記の算定においてはkN単位となっている。この点に関し以下の式により換算する。

$$73.5kW = 10kN \quad (5)$$

$$1kW = 0.136kN \quad (6)$$

表-6.2.1 係数表

C_y	定数項	A_y/L_{pp}^2	X_G/L_{pp}	L_{pp}/B	A_y/A_x
C_{y1}	0.509	4.904			0.022
C_{y2}	0.0208	0.23	-0.075		
C_{y3}	-0.357	0.943		0.0381	

6.3 算定例

本研究では3隻（A船、B船、C船）の大型の高性能船を対象にケーススタディを行った。表-6.3.1に、対象としたクルーズ船に関する指標の算定に用いた入力値を示す。

算定結果を図-6.3.1～図-6.3.3に示す。大型クルーズ船であっても、側面風圧面積やスラスターの出力は異なり、これを反映して横維持最大風速の算定結果にも一定の幅がある。すなわち、船の形状や搭載する推進器の能力により、航行時に対抗することのできる風速が変わることが確認される。本研究での算定例では、側面風圧面積はC船が最も大きい、C船の有するスラスター出力が大きいため、C船の能力（横維持最大風速）が大きいものと評価される。

表-6.3.1 算定対象とした船舶の諸元等

	A船	B船	C船
推進方式	舵式	ポッド式	ポッド式
船舶諸元			
B(船幅)	38.4	41.4	47
Lpp(垂線間延長)	306	302.8	330
Ax(水線上正面投影面積)	1,720	2,220	3,377
Ay(水線上側面投影面積)	13,446	14,943	15,065
Xg(側面積の図心位置の前部垂線(F.P.)からの距離)	159.7	154.1	173.5
バウスラスター出力合計(kN)	1,020	1,429	2,993
バウスラスター出力合計(kW)	7,500	10,500	22,000
バウスラスター基数	3	3	4
バウスラスター出力(1基)(kW)	2,500	3,500	5,500
スターンスラスター出力合計(kW)	7,500	0	0
スターンスラスター基数	3	0	0
スターンスラスター出力(1基)(kW)	2,500	0	0

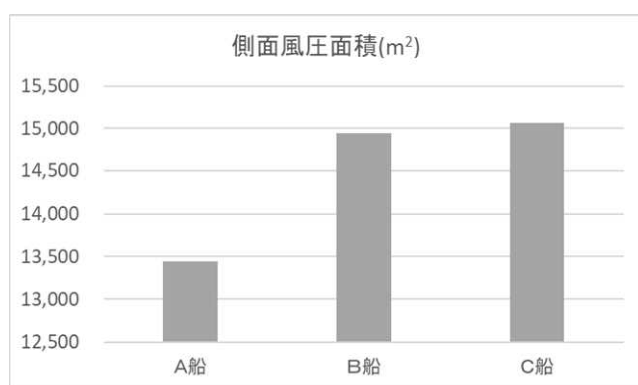


図-6.3.1 側面風圧面積の算定例

7. 港湾整備・入港評価に関する考察

以上の分析結果から、今後のクルーズ船に関する港湾整備ならびに入港評価に関する考察を行う。

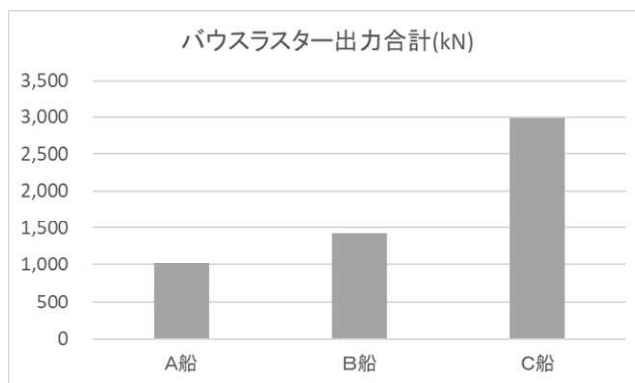


図-6.3.2 バウスラスター出力合計値の例

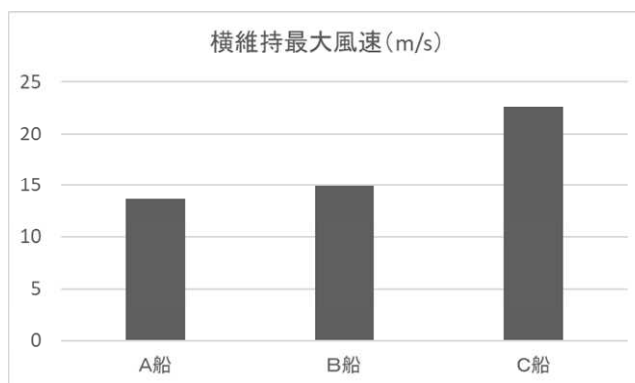


図-6.3.3 横維持最大風速の算定例

第一に、高性能船の回頭水域規模の一例として1.6LがAISデータによる分析から得られたが、これは2Lが確保できない狭い水域での実績値である。このため、この数値は個別のクルーズ船が所与の水域において自力回頭そのものが可能かを示す目安の一つを示すものと考察される。操船シミュレーターによる操船実験でも、1.6Lは一定の外力下で、操船者からみて5段階評価の約3点と評価された。

この一方複数の船舶が利用する港湾施設（回頭泊地）の整備では、「操船のずれ」や高性能船以外の大型クルーズ船の入港にも配慮し、上記の数値（1.6L）より大きな水域規模を確保すべきと考えられる。操船シミュレーターによる検討においても、1.6Lは余裕がない数値であるという評価もなされた。また筆者が船長経験者等の海事関係者に対して実施したヒアリングにおいても、2L未満の水域での回頭は緊張を伴って操船する必要がある、またクルーズ船は高性能船のみではなく、性能に幅があることから、能力に幅のあるクルーズ船の利用を前提とした水域整備では、2L程度の確保が望ましいとの指摘がなされた。

第二に、欧米の港湾を中心に船舶の回頭が集中する水域が見られた。欧米では以前からクルーズ市場が発達し港湾が整備されたが、当初想定としたクルーズ船よりも大型のクルーズ船が入港し、回頭水域が限られてきていることが要因と考えられる。大型クルーズ船のスラスター出力は小

さい水準でも 6,600kW 程度とされ、RORO 船や大型コンテナ船に比較し大きいことから（表-7.1）¹⁰⁾、スラスターの利用による洗掘による影響が懸念される。

現状では、我が国港湾において欧米のクルーズ主要港に比較して入港数そのものが小さいが、高性能クルーズ船の入港は増加しており、今後洗掘が問題となりえる。回頭水域の位置や集中度の把握を AIS データによる分析により継続的に行うことが有用であろう。特に回頭水域が狭い場合には岸壁等の港湾施設近傍での回頭集中の可能性があり、このような場合には港湾施設の構造への影響を避けるため、計画的な対策や、構造への影響がない一定の水域を回頭水域として指定・管理の実施も検討に値しよう。

米国や地中海地域のクルーズ港では周辺を岸壁や護岸等で囲まれた狭い水域を回頭水域として設定している場合もあるが、洗掘対策を行っていることも想定される。海外港での回頭水域の計画や維持管理の方法について情報を入手することも検討に値する。例えばクルーズ港の計画・整備等を対象にした PIANC ガイドライン¹¹⁾においては、岸壁前面の水域の水深は「対象船舶の喫水+2m」とされており、余裕水深が大きめに取られている。これは出力の大きいスラスターの利用や洗掘に配慮したものである可能性もある。

第三に、現在の最大船型（全長約360m）が出現して一定期間が経過しており、更なる大型化の可能性はある。ただし、世界の主要なクルーズ市場の拠点港湾である欧米の主要港の港湾は既に手狭になっていることから、これらの港湾での大型化対応が進展しない場合、更なる船舶の大型化が鈍化する可能性もある。

第四に、欧米の港湾において狭い水域での回頭事例が多くみられた。高性能船を有する船会社は、このような狭い水域での回頭を頻繁に行い技術的に習熟しているものとみられる。我が国への入港の安全評価をより円滑にするためには、海外港湾での港湾関係者とクルーズ船との調整の状況について参考にすることも有益と考えられる。

8. まとめ

本研究では、海事データを活用した船舶諸元・船舶性能の分析、AIS データを用いた国内外港湾でのクルーズ船の回頭実態の分析、港湾内での自力での回頭能力評価指標の提案等を行った。

本研究での分析結果と分析手法は、今後各港でのクルーズ船に関する港湾整備や入港評価における検討や関係者調整の参考情報として活用されることが期待される。

今後の検討課題を以下に挙げる。

表-7.1 スラスター出力の比較（主な船種）

コンテナ船	・スラスター1基あたりの出力は最大3,000kW
	・2,500kW * 2基のバウスラスター (マースクTriple-Eクラスの場合)
	・1,800kW * 2基のバウスラスター (CMA CGM Marco Poloの場合)
RORO船	・1,500kWのバウスラスターを2~3基備えることが一般的
クルーズ船 (大型)	・3~4基のスラスターを備えることが一般的
	・スラスター1基あたりの出力は 2,200~5,500kW

出典：文献10)より作成

第一に、AIS データを用いた回頭水域規模の分析については、回頭円の描画を人力で行っておりまた必ずしも観測される航跡が円の形状をしていないため、計測に誤差が入り得る。計測方法の精度向上が必要である。

第二に、高性能船が有する出力の大きいスラスターの利用が洗掘等の形で港湾施設に及ぼす影響について、継続的なモニタリングを行い、対策を検討する必要がある。

第三に、今後のクルーズ船の大型化について、クルーズ船の動向や主要なクルーズ市場の拠点となっている海外港湾の整備状況について情報収集していく必要がある。

第四に、欧米のクルーズ港における海外港湾での港湾関係者とクルーズ船との調整の状況について情報収集し、参考にすることが有益と考えられる。

第五に、本研究で示したクルーズ船の回頭能力の評価指標については、今後実際の活用を通じて当該指標の適用可能性や改善点等が評価されることが期待される。

本資料については、国総研のホームページでカラー版PDFがダウンロード可能である。

謝辞

本研究でのクルーズ船の回頭能力評価指標の検討に際しては、芳村康男先生（北海道大学名誉教授）からご指導を賜りました。海事関係者の皆様からは、ヒアリングの機会を頂きました。第三管区海上保安本部からは、横浜港のAISデータのご提供を頂きました。また港湾研究部の皆様から貴重なコメントを頂きました。ここに謹んで謝意を表します。

（2020年1月30日受付）

参考文献

- 1) 日本港湾協会（2018）：港湾の施設の技術上の基準・同解説.
- 2) 小菅・池田・三宅（2014）：AIS データに基づく大型クルーズ客船の離着岸に必要な港内スペースの解析，日本クルーズ&フェリー学会論文集, Vol.4.
- 3) 城戸・岩崎（2015）：鳥瞰型操船シミュレーターを用いた鳥取港における大型客船航行安全評価，日本クルーズ&フェリー学会論文集, Vol.5.
- 4) 岸田・安部（2017）：最近の大型クルーズ船を対象とした水域施設計画に関する基礎的研究，土木学会年次講演会概要集.
- 5) 大野ら（2018）：大型客船の出入港安全基準に関する研究－Ⅰ，日本航海学会論文集，Vol.139.
- 6) <https://www.miamidade.gov/portmiami/cruise-terminals.asp>
- 7) 本田（2008）：操船通論，成山堂.
- 8) 例えば Royal Institution of Naval Architects: *Significant Ships*.
- 9) 山野・斉藤（1997）：船体に働く風圧力の一推定法，関西造船協会誌，第 228 号.
- 10) PIANC (2015): *Guidelines for Protecting Berthing Structures from Scour Caused by Ships*, PIANC WG Report No.180.
- 11) PIANC (2016): *Guidelines for Cruise Terminals*, PIANC WG Report No.152.

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1119

August 2020

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-pr@gxb.mlit.go.jp

