

ロシア北方航路の可航日数と氷況の調査

Survey of the number of navigable days and ice conditions on the Northern Sea Route

三留 大和¹, 館山 一孝²

Yamato Mitome¹, Kazutaka Tateyama²

Corresponding author: m3245200296@std.kitami-it.ac.jp (Y. Mitome)

The Arctic sea ice extent has been decreasing significantly over the past several decades. The Northern Sea Route (NSR) is expected to become a new route for maritime transportation near future. In this study, we investigated the number of navigable days for NSR as a whole and for each individual sea. Sea ice concentration is defined as the degree of difficulty for vessels to navigate the route. The number of navigable days was calculated based on the visual confirmation of the absence of sea ice along the route, and the air and water temperatures in the route were also investigated. As a result, the number of navigable days for the entire route tended to increase each year, while the average annual sea ice extent tended to decrease except East Siberian Sea.

1. はじめに

はじめにロシア北方航路とはアジアと欧州北部や欧州ロシアを最短距離で結ぶ航路である。既存のスエズ運河ルートと比較して概ね 4 割の距離が短縮可能となり、輸送日数だけでなく、燃料消費量の削減や温室効果ガス排出量の削減の効果が期待されている。

ロシア北方航路の総貨物量¹⁾のグラフを図 1 に示す。ロシア北方航路の総貨物量は 2014 年では 398 万トンであったのに対し、2019 年には 3600 万トンと、6 年間で約 8 倍にも増えていた。2019 年から 2021 年にかけて微増し、ロシアによるウクライナ侵略への国際社会の経済制裁によって 2022 年は初めて減少を示したものの、2023 年は再び回復し、過去最大の総貨物量を示した。

一方で、北極域の海氷面積が長期的に減少して

いることが報告されている²⁾。特に、年最小値の経年変化では顕著な減少が見られ、2012 年の 9 月 16 日には最小面積が観測史上最も小さくなった。それに伴いロシア北方航路上の海氷面積も少なくなることが期待される。大塚ら³⁾によると夏期は 8 月後半から 1.5 カ月程度の期間にわたり、航路区間が無氷となり、非アイスクラス船の航行も可能となっている。しかしロシア北方航路は 2010 年代頃から注目されはじめ、過去からの長期情報が少ない。そのため、本研究では過去に遡って可航日数と氷況を調査し、両者の関係を明らかにすることを目的としている。

2. 解析方法

2. 1 使用したデータ

可航日数の調査にあたって、Aqua 衛星搭載の改良型高性能マイクロ波放射計 AMSR-E および GCOM-W 衛星搭載の高性能マイクロ波放射計 2 AMSR2 の海氷密接度のデータを 2002 年から 2023 年を使用した。また考察にあたって、気温・海水温のデータとして、ECMWF (The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) の再解析データである ERA5 を使用した。解析範囲はロシア北方航路のうちバレンツ海、カラ海、ラプテフ海、東シベリア海まで(東経 16.5 度～180 度、北緯 68.5 度～80.0 度(図 2))を解析範囲とし、航路全体とこれらの 4 海域に分け、可航日数と氷況の経年変化を調査した。

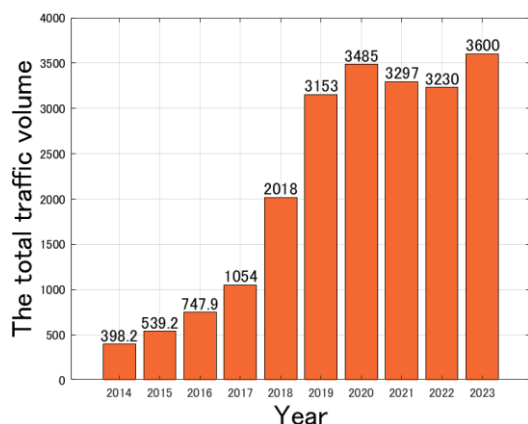
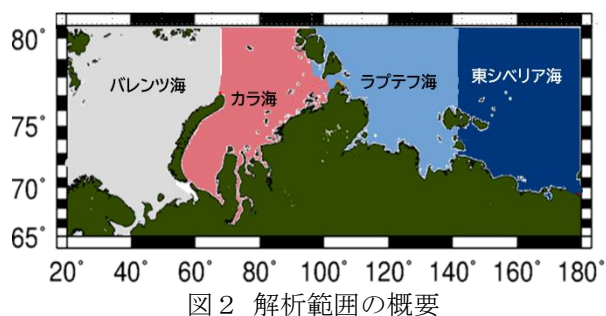


図 1 ロシア北方航路の総貨物量¹⁾の経年変化

¹ 北見工業大学大学院 工学専攻

² 北見工業大学 地球環境工学科

Graduate School of Engineering, Kitami Institute of Technology
School of Earth, Energy and Environmental Engineering, Kitami Institute of Technology



2. 2 可航日数の定義

本研究ではロシア北方航路全体と海域別でそれぞれの可航日数を調査した。可航日数の計算は、海氷密接度を船が氷海を航行する際の困難さの指標と定義し、国際船級協会連合が定める極地氷海船階級(Polar Class)の PC7 の船舶でも航行できる氷況を可航と判断した。ここで、PC7 の船舶とは、多年氷が一部混在する薄い一年氷がある海域の夏秋の航行が可能である耐氷船として定義されている。

解析方法としては AMSR-E と AMSR2 の海氷密接度分布画像から航路上の海氷密接度を目視で確認し、航路全体および各海域において西端から東端まで航行可能と判断した場合を可航日数としてカウントした。

2. 3 シーズン平均海氷面積

本研究では氷況として衛星データから海氷面積の経年変化を解析した。ロシア北方航路が使われることが多い夏季の 7 月 1 日から 10 月 31 日までを 1 シーズンと定義した。

3. 結果

ロシア北方航路全体の可航日数および海域別シーズン平均海氷面積を図 3 に示す。図 3 (a) の可航日数は、AMSR-E および AMSR2 のデータが 1 年分揃っていない 2002 年と 2011 年、2012 年は過小評価しているためデータ欠損年とした。

図 3 からロシア北方航路の可航日数は上昇しており海氷面積は減少傾向であることがわかる。図 4 に海域別可航日数、図 5 に海域別シーズン平均海氷面積を示す。海域別シーズン平均海氷面積は 2011 年がデータ欠損年として過小評価されている。航路全体および海域別の可航日数は東シベリア海を除いてすべて増加傾向にある。特にバレンツ海の増加傾向が顕著であることがわかる。また 2020 年ではバレンツ海を除く海域で過去 20 年

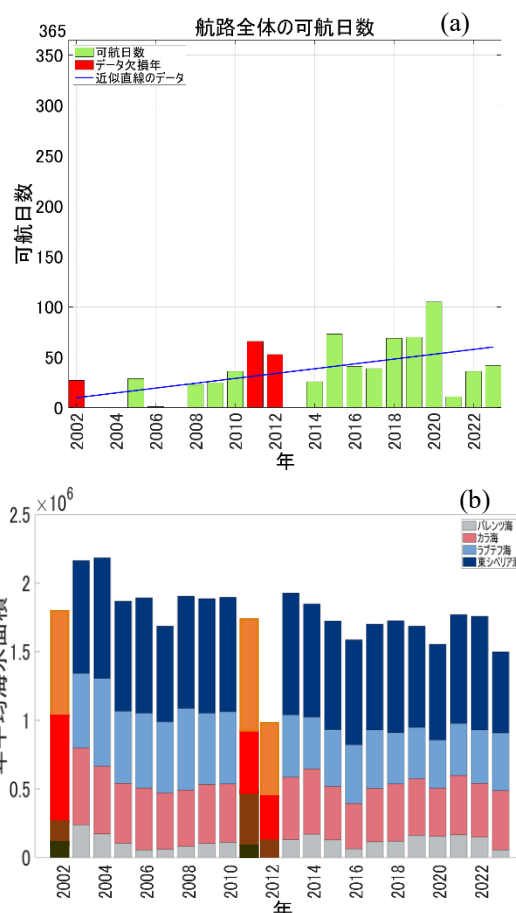


図 3 航路全体の(a)可航日数と(b)海域別のシーズン平均海氷面積。

の可航日数が最大となっている。海氷面積では航路全体および海域別のシーズン平均海氷面積は減少傾向にある。可航日数に増加傾向がなかった東シベリア海では海氷面積は減少傾向であったことがわかる。バレンツ海を除く海域で過去 20 年の可航日数が最大となっていた 2020 年では海氷面積が少ない傾向であることがわかる。

4. 考察

図 6 にバレンツ海の 2002 年から 2023 年の気温と水温の経年変動と 2023 年 3 月 25 日の海氷密接度分布を示す。この図 6(a)から気温と水温はともに上昇傾向であることがわかる。図 6 (b)から海水が多い 3 月においてもバレンツ海の南側は広く開いていることが多く、航行しやすい海域である。バレンツ海では気温と水温が高く、特に海水温は一年を通じて海水の結氷温度である -1.8°C よりも高く、結氷しにくい状態にあり、可航日数も年々増加している。

一方で東シベリア海では、図 7 (a)に示すよう

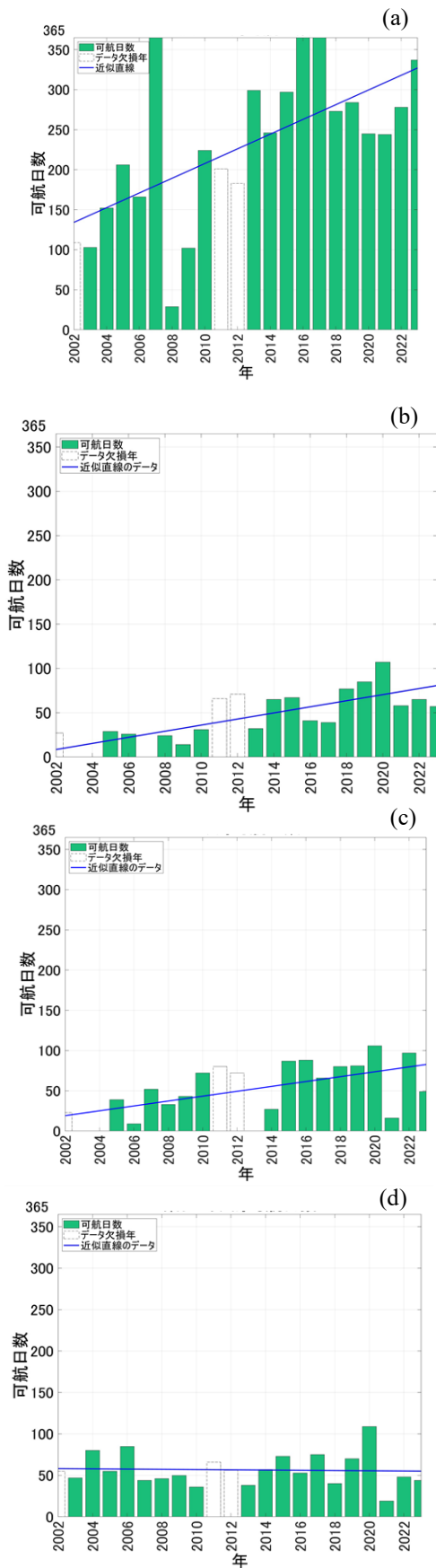


図4 海域別可航日数. (a)バレンツ海, (b)カラ海, (c)ラプテフ海, (d)東シベリア海.

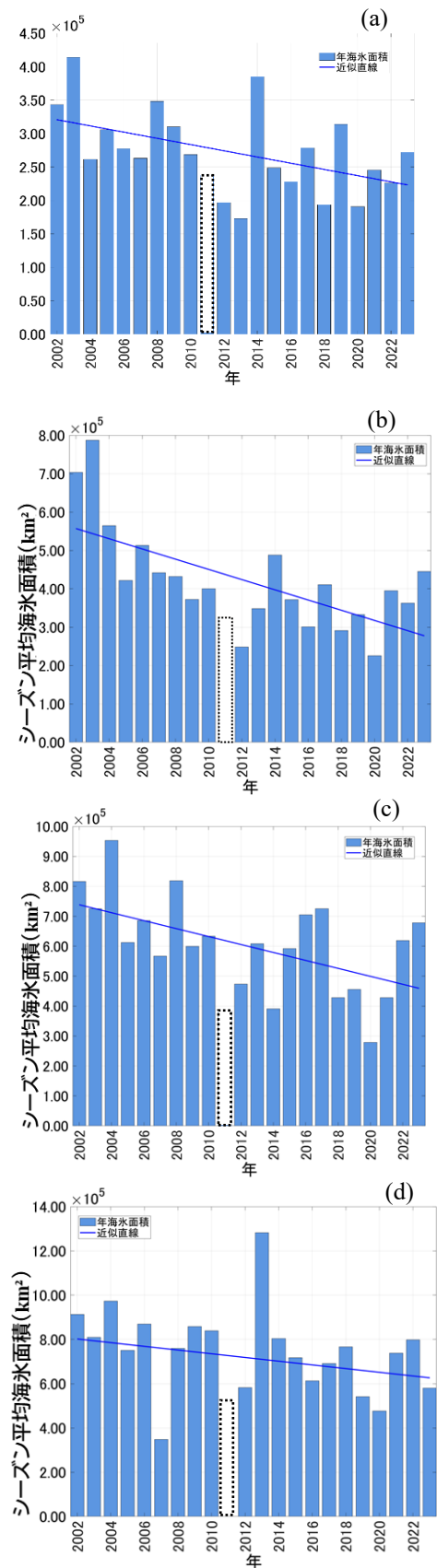


図5 海域別シーズン平均海氷面積. (a)バレンツ海, (b)カラ海, (c)ラプテフ海, (d)東シベリア海.

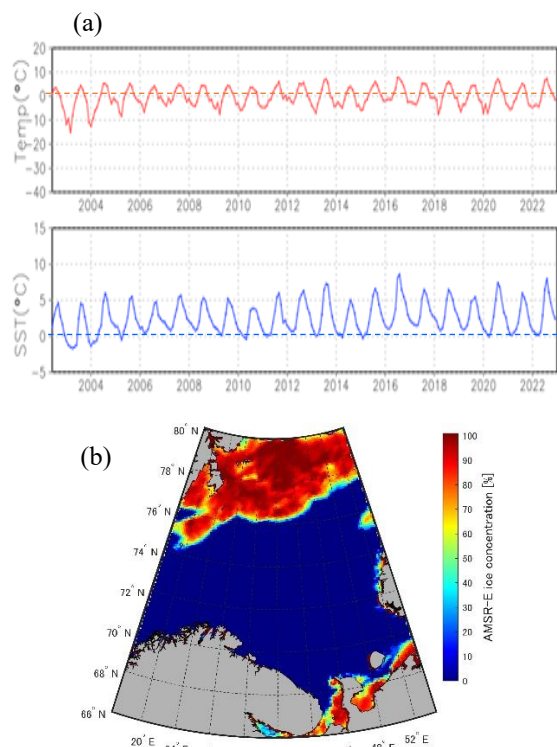


図6 バレンツ海の(a)2002年～2023年の気温と水温の変動と(b)2023年3月25日の海氷密度分布

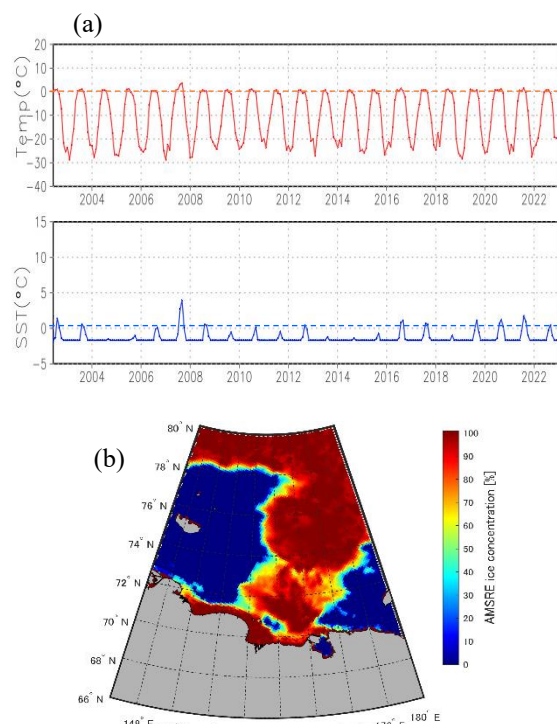


図7 東シベリア海の(a)2002年～2023年の気温と水温の変動と(b)2022年10月10日の海氷密度分布

に気温と水温に顕著な経年変化は見られず. 年間を通じて気温は氷点下, 海水温は結氷温度をほぼ示していた. 図7(b)に示すように最も融解が進んだ時期においても航路上を覆うように海水分布が現れることが多く, ロシア北方航路の中で最も航行が難しい海域であると考えられる.

5. まとめ

本研究は衛星搭載マイクロ波放射計の画像から, 過去に遡って氷況と可航日数を調査し, 気温・水温との比較を行った. 結果として可航日数は増加傾向を示し, シーズン平均海氷面積は減少傾向を示した. ロシア北方航路の中で最も航行しやすい海域はバレンツ海であり. 最も航行が困難な海は東シベリア海であった.

バレンツ海の可航日数が最も増加した理由としては気温が高く, 航路上の海水温が結氷点になりにくい特徴がみられた. また東シベリア海では可航日数が少なく, 減少傾向が見られなかった理由としては, 気温と海水温がともに低い状態で変化が少なく, 他の海域よりも海氷が減少しにくい状況にあることがわかった.

【参考文献】

- 1) Centre for High North Logistics NSR Shipping activities in 2022
URL: NSR Shipping activities in 2022 - Centre for High North Logistics (chnl.no) (2024年7月10日閲覧)
- 2) Josefino C. Comiso, CHANGING CLIMATE IN POLAR REGIONS FROM MICROWAVE AND INFRARED DATA, *isprs*, **48**, 1357-1362, 2023.
- 3) 大塚ら, 2021: 北極海航路における海氷による航行障害と氷況, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, **35**, 123-124.
- 4) 奥田 駿, 2019: 北極海航路における氷海航行予測手法の開発, 北見工業大学修士論文
- 5) 大塚ら, 2017: 北極航路による輸送の変位と特徴, 土木学会論文集(海洋開発), Vol. **73**, No. 2, p. I_25-I_30.
- 6) 日本財団向けプレゼン, 2023: 北極海航路の現状と近未来の展望
URL: https://researchmap.jp/read0062252/presentations/43815061/attachment_file.pdf (2024年7月5日閲覧)