

令和 6 年 5 月 23 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04511

研究課題名(和文)北極海航路における海水による航行障害特性の把握

研究課題名(英文)Study on sea ice condition and navigability risk of Northern Sea Route

研究代表者

大塚 夏彦(Otsuka, Natsuhiko)

北海道大学・北極域研究センター・特任教授

研究者番号：50520201

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：北極海を横断して大西洋と太平洋を結ぶ北極航路は、長期的海水減少を背景に、新たな国際航路となる可能性がある。しかし氷海の航行では、海水による速度低下・航行不能などの航行障害が大きな懸念となっている。本研究は、実際の航行障害事例における船の挙動と、その際の海水状況の関係を、衛星観測及びデータ同化システムによる海水の数値解析値を用いて分析した。その結果より、海域の単位面積を通過する海水体積量を用いた海水集散パラメータを導入し、海水が集積傾向にある場合に航行障害の発生が増加すること、このパラメータと海水厚を併用することで、航行障害発生確率が高まる海域を推定できる可能性があることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

氷海航行を安全に行うためには、海水による航行障害を回避することが重要な要件である。しかし、通常得られる海水情報である海水厚と海面を覆う比率である密接度だけでは、航行障害を適切に予測することは難しい。これは、海水が密に集積する状況において航行障害がより顕著に発生すると考えられるからである。本研究は、航行障害事例を衛星観測や海水の数値解析による情報を用いて分析し、海水の集散パラメータを提案することにより、航行障害の原因となる海水状況を評価する技術を前進させたものである。

研究成果の概要(英文)：The Arctic shipping route, which connects the Atlantic and Pacific Oceans across the Arctic Ocean, could have a potential to become a new international shipping route against the background of long-term sea ice retreat. However, when navigating through icy waters, there is a serious navigational concern such as a decline in speed and beset (lost speed and halted) due to sea ice. This study analyzes the relationship between ship behavior and sea ice conditions in actual navigational incidents caused by sea ice using satellite observations and sea ice data sets by data assimilation system. Here, the sea ice convergence parameter based on the sea ice volume flux through the unit area of water surface was proposed, and the results showed that the occurrence of navigational hazards increases when sea ice tends to accumulate, and that the combination of this parameter and sea ice thickness may be used to estimate the sea area where the probability of navigational hazard occurrence increases.

研究分野：氷工学

キーワード：北極航路 氷海航行 航行障害 海水集積度

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化による北極海の家氷減少は長期的に継続し、北極海の家氷は現在よりもかなり減少した状態に移行することが高い確率で予想されている。これを背景に、北極海を横断して大西洋と太平洋をつなぐ北極航路、特に北東航路は、新たな国際航路となる可能性がある。しかし氷海の航行では、海氷による速度低下・航行不能などの航行障害が大きな懸念となっている。これに対し国際海事機関では、海氷密接度、氷厚、船のアイスクラスに応じて氷海航行リスクを示すパラメータであるリスクインデックス RIO を定めているものの、実際の航行障害との関係については不確定な部分が多く、氷海航行を行う際のリスクに関する知見は十分とは言えない状況にある。実際、ロシア沿岸の北東航路(図-1)において、海氷によって貨物船が航行不能になる事案が発生している。



図-1 北東航路と Northern Sea Route

## 2. 研究の目的

本研究は、海氷による航行障害の実態を把握し、衛星観測データ等から得られる海氷情報を用いて、航行障害を引き起こす海氷条件を抽出する手法を検討し、氷海航行における航行障害リスクを把握するための技術の向上に資することを目的として実施したものである。現在、国際海事機関が定める極海域における船舶航行規則である極海コードにおいて、リスクマネジメントシステム PORALIS が定められており、船舶はここで得られるリスクインデックス RIO に基づいて、航行の可否を判断することとなっている。このリスクインデックスは、海氷の密接度と海氷厚から算出される。しかし実際の氷海中の航行では、海氷が密に集積して一部は折り重なる変形氷域が、最も大きな障害となることが予想される。そこで本研究では、海氷が集積する傾向にある海域に注目して、実際の航行障害との比較分析を行った。

## 3. 研究の方法

### (1) 航行障害事例の分析

衛星 AIS により、2021 年における北極海を航行する船舶の航行軌跡および航行速度を取得し、その中から 4 隻分の航行障害の事例、ならびにその救出・航行支援を実施した砕氷船の行動を得た。これに加え、航行障害が発生した海域における C-Band 合成開口レーダー(SAR)観測データ(Sentinel-1)画像を取得し、航行不能となって漂流する船舶ならびに海氷の状況および、砕氷船に支援された航行オペレーションの様子を得た。

### (2) 海氷状況および航行状況の把握

抽出した航行障害が発生した 2021 年 10 月～12 月における北極海の家氷状況を、TOPAZ4 データ同化解析<sup>1)</sup>による海氷データベース(海氷密接、海氷厚、海氷の漂流ベクトル)、マイクロ波放射計 AMSR2 観測値(海氷密接度、海氷厚)、ロシアが提供するアイスチャート<sup>2)</sup>より収集した。このうち、データ同化解析値と AMSR2 観測値を比較するとともに、航行障害発生海域におけるアイスチャートとの整合性を検討した結果、より整合性の良かったデータ同化解析値による海氷状況を用いて、航行障害ならびに砕氷船支援による航行時との比較分析を行った。

### (3) 海氷状況・海氷集積度と航行障害

以下、海氷密接度、海氷厚、漂流ベクトルとして TOPAZ4 データ同化システムによる解析値を用いて検討を進めた。まず、海氷厚と航行速度の関係を比較した。ここに、海氷密接度は航行区間においてほぼ 100% (海面が 100% 海氷に覆われている状態)であったことから、密接度との関係は省略している。

海氷の集積度との関係を検討するにあたっては、既往研究で提案されている海氷の漂流ベクトルを用いた海氷集積度をもとに、海氷の体積を[密接度×海氷厚]として、海域の単位面積を通過する海氷体積フラックスをパラメータとして導入し、航行障害との比較を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 航行障害事例の分析

2021 年 11 月初旬から月末にかけて、北東航路の東側の東シベリア海およびチュクチ海において、約 20 隻の貨物船が海氷によって航行不能になる事案が発生した。これらの貨物船は、いずれもロシアの原子力砕氷船の支援を受けて航行障害の発生海域から離脱した。この航行障害事例について、衛星 AIS による航跡記録から 10 隻の事例を取得した。このうち、障害状況と砕氷船支援状況を詳しく把握できた 4 隻の事例(ship-1~4)をとりあげて(表-1)、その航跡を図-2 に示す。顕著な航行障害が発生したのは図中 ~ に示す海域で、いずれも船舶は航行できずに氷海中を 2~18 日間漂流し、その後ロシアの原子力砕氷船に救出され、砕氷船が先導して開削した

水路を追従してその海域から離脱した。砕氷船先導時の合成開口レーダー(Sentinel-1)画像より、砕氷船が先導する後ろから 3 隻(Ship-1~3)が追従して航行する様子を確認した(図-3)。この際、船団は、以前に船舶が航行して海氷が割られた後に水路が開いて海氷に覆われた部分のすぐ横を並行して航行しており、これは、より幅広く水路を開削することを期待してのものと考えられる。

表-1 航行障害事例

Ship No	Ship type	DWT	Ice class	Date of beset incident
1	Bulk Carrier	95,758	1A/ARC 4	11/9~11/14, 11/15~11/16
2	Bulk Carrier	95,758	1A/ARC 4	11/1~11/13, 11/15~11/16
3	Bulk Carrier	74,300	FS 1C/ Ice 2	11/8~11/14, 11/15~11/16
4	Bulk Carrier	56,348	ARC 4	11/7~11/9, 11/12~11/30



図-2 航行障害事例の航跡と障害発生海域

### (2) 海氷状況および航行状況の把握

図-4 は航行障害が発生した際の合成開口レーダー画像である。これより氷盤のサイズは数100m~数kmとなっていたのに対し、航行していた船舶は砕氷能力のない耐氷船クラスであり、航行困難となる状況である。しかし砕氷船支援の下では、各船舶は砕氷船が開削した水路を追従することで、多くの場合は安定的に航行していた。また単独航行区間においては、氷盤が船舶のサイズに対して十分に小さいか、または、先行する船団により十分に小さく砕氷された氷盤で埋められている水路を航行していたことを確認した。

図-5、図-6 はデータ同化システムおよび AMSR2 による航行時の 1 時間毎の位置の海氷密度と海氷厚である。両者ともに海氷密度は概ね 100%であったが、AMSR2 による海氷厚はデータ同化システムよりも大きな値を示した。図-7 はロシアが提供するアイスチャートである。アイスチャートによると、航行障害が発生した海域における海氷厚は 15~70cm となっており、データ同化システムによる海氷厚の方が整合性が良い結果となったことから、以下の検討はデータ同化システムによる海氷情報を用いて実施した。

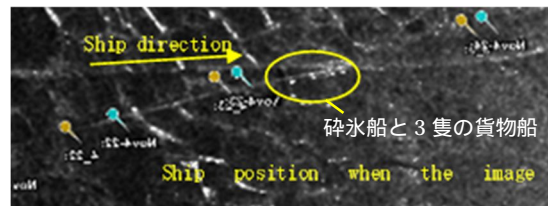


図-3 SAR 画像(2021/11/04,HV)による航行状況

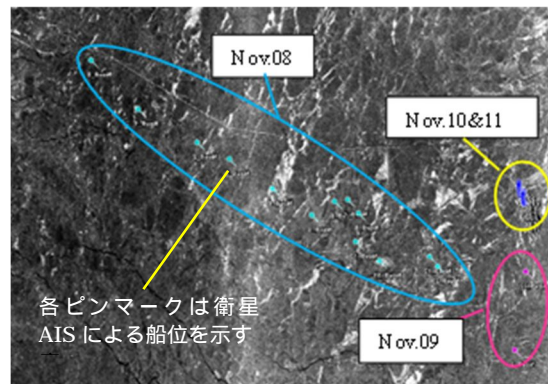


図-4 航行障害時 SAR 画像(2021/11/10,HV)

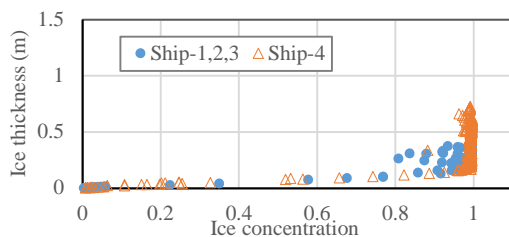


図-5 データ同化システムによる海氷状況

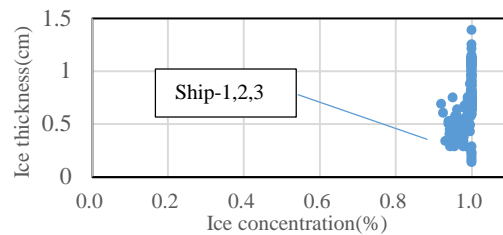


図-6 AMSR2 観測による海氷状況

### (3) 海氷状況・海氷集積度と航行障害

図-8 は航行 1 時間ごとの航行速度と海氷厚を比較したものである。砕氷船の支援を受けない単独航行では、氷厚が厚くなるにしたがって速度低下ならびに航行不能となる事例が増えている。砕氷船支援航行でも、氷厚が 0.3m を超える状況で速度低下事例が増大する傾向がみられる。ただし、海氷厚が厚くなくても速度低下事例が認められると同時に、海氷が厚い条件の単独航行において速度低下がみられない事例もある。このように、海氷厚だけでは航行障害リスクを十分に把握することは難しい。

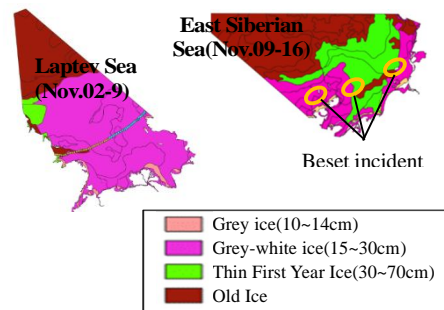


図-7 アイスチャート

そこで本研究では、海水の集散を取り入れて、航行障害事例の分析を行った。海水の集散を評価するパラメータとして、既往研究<sup>3)</sup>で提案されている海水漂流ベクトルを用いた算式をもとに、これに[海水密度×海水厚]で求めた海水体積を導入した海水体積フラックス  $\dot{V}vol_{ij}$  を提案し(式-(1))航行障害を含む航行速度との比較を行った。ここに、式-(1)で与えられる海水集散パラメータ  $\dot{V}vol_{ij}$  が負の場合、その海域では海水が集まる傾向にあり、正の場合は海水量が減少する傾向にあることを示す。

$$\dot{V}vol_{ij} = \left( vol_{x_{i+\frac{1}{2}j}} - vol_{x_{i-\frac{1}{2}j}} + vol_{y_{ij+\frac{1}{2}}} - vol_{y_{ij-\frac{1}{2}}} \right) \quad \text{---(1)}$$

$$vol_{x_{ij}} = concentration_{ij} \times thickness_{ij} \times u_{ij}$$

ここに、 $u_{ij}$ ,  $v_{ij}$  : 順に東西方向、南北方向漂流速度(m/s)  
 $concentration$  : 海水密度、 $thickness$  : 海水厚(m)

式-(1)を用いて海水による航行障害が発生した2021年10~11月について海水集散パラメータ  $\dot{V}vol_{ij}$  を算出し、衛星AISにて抽出した航跡記録と対比した。計算格子間隔はPolar Stereographic座標系のもと、12.5kmとなっている。図-9に11月12日・15日における海水集散パラメータ分布を示す。赤い円に示す海域が航行障害発生海域であり、わずかに海水集積傾向にあることが認められる。図-10にShip-1~Ship-3に関する1時間毎の航行速度と、航行位置における海水集散パラメータを示す。単独航行で航行障害の始まった11/5から当初は海水集積傾向は見られないものの、砕氷船が到着する頃には集積傾向が認められる。その後、砕氷船が支援を開始した当初は航行速度が回復したものの、海水集積パラメータが負に転じると同時に船速が低下した。これは海水集積によって砕氷船が作る水路が直ぐに閉じるため、船速が低下したことが考えられる。その後は、海水は発散傾向を示し、航行速度は回復した。

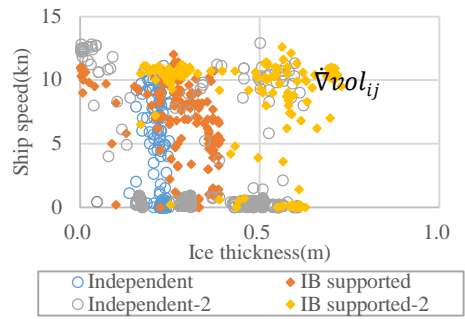


図-8 海水厚と航行速度

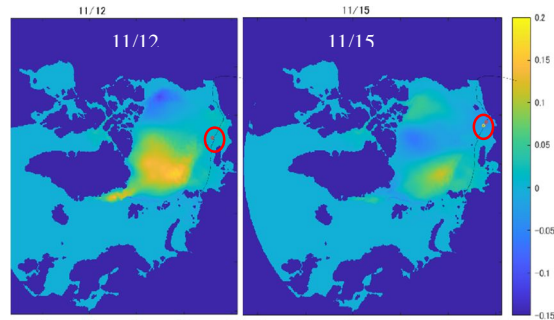


図-9 海水集散パラメータと航行障害海域

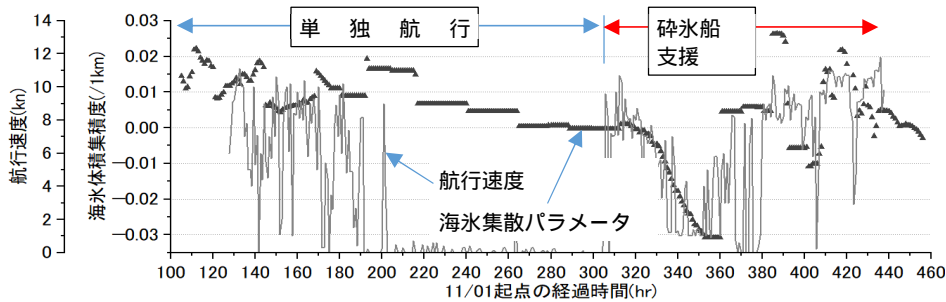


図-10 航行障害事例における航行速度と海水集散パラメータ

このように海水集散パラメータ単独で航行障害を把握することは難しい一方、海水厚も重要な要因であることがわかっている。図-11、図-12は、海水厚と航行速度を海水集散パラメータの正負と砕氷船支援の有無別にプロットしたものである。

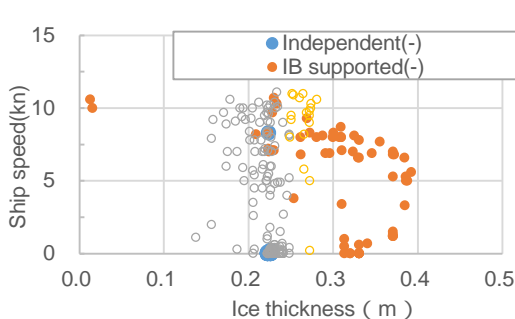


図-10 海水集散パラメータ・海水厚(Ship-1~3)

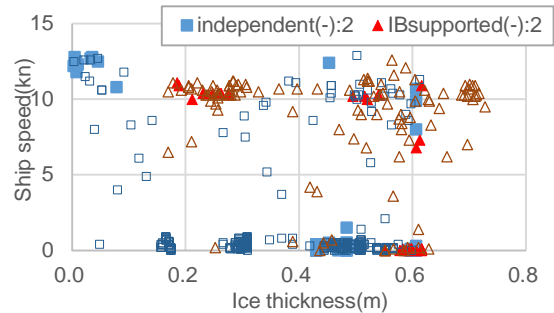


図-11 海水集散パラメータ・海水厚(Ship-1~3)

これより、単独航行(Independent)では海水厚が 0.3m を超え、かつ海水が集積傾向にあると航

行障害が増加、砕氷船支援(IB supported)では海氷が集積傾向で氷厚が0.5mを超えると速度低下や航行障害が増加し、海氷が発散傾向の場合は航行障害事例は減少し、特に砕氷船支援時は安定的な航行例が多くなる結果を得た。以上より、海氷集散パラメータと海氷厚を併用することで、航行障害発生確率が高まる海域を推定できる可能性があることを示した。

#### 参考文献

- 1) Copernicus Marine Environment Monitoring Service (2022). Arctic Physical Multi Year Product ARCTIC\_MULTIYEAR\_PHY\_002\_003. <https://marine.copernicus.eu/access-data>. <https://doi.org/10.48670/moi-00007>. Data retrieved on 31, March 2023.
- 2) ROSATOM NSR General Administration (2022): Charts of ice conditions, <https://nsr.rosatom.ru/en/navigational-and-weather-information/charts-of-ice-conditions/>, visited on 2022-12-30.
- 3) Kimura N. and Wakatsuchi M. (2004). Increase and decrease of sea ice area in the Sea of Okhotsk: Ice production in coastal polynyas and dynamic thickening in convergence zones. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109 (C9).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Chathumi Ayanthi Kavirathna, Ryuichi Shibasaki, Wenyi Ding, Natsuhiko Otsuka	4. 巻 123
2. 論文標題 Feasibility of the Northern Sea route with the effect of emission control measures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Transportation Research Part D: Transport and Environment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trd.2023.103896	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shotaro Uto and Natsuhiko Otsuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Validation of powering method of ships in ice using Satellite AIS information	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 27 th IAHR International Symposium on Ice	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shotaro Uto, Takatoshi Matsuzawa, Koh Izumiyama, Natsuhiko Otsuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Navigability assessment of ships in ice using ice chart information	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 27th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大塚夏彦、宇都正太郎	4. 巻 39
2. 論文標題 海氷による航行障害事例と海氷集積度パラメータ	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 第39回寒地技術論文・報告集	6. 最初と最後の頁 54-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宇都正太郎、大塚夏彦	4. 巻 39
2. 論文標題 船舶の水中抵抗推定におけるIce Chartの適用、第3報 耐氷船舶の速力・出力解析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 第39回寒地技術論文・報告集	6. 最初と最後の頁 67-71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大塚夏彦、小浜 等	4. 巻 38
2. 論文標題 北極海航路の現況と展望～パンデミックとウクライナ侵攻の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第38回寒地技術論文集	6. 最初と最後の頁 265-268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森上和成、和田良太、柴崎隆一、大塚夏彦	4. 巻 37
2. 論文標題 NSRの将来利用に対する研究開発の影響評価と 技術ロードマップの検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会 秋季講演会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大塚夏彦、宇都正太郎	4. 巻 37
2. 論文標題 Northern Sea Routeにおける航行障害事例と海水集積度	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会 秋季講演会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大塚夏彦、宇都正太郎、佐藤恵子	4. 巻 35
2. 論文標題 北極海航路における海水による航行障害と氷況	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 123-124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kazunari Morikami, Ryota Wada, Ryuichi Shibasaki, Natsuhiko Otsuka	4. 巻 38
2. 論文標題 Assessment of R&D impact on future utilization of Northern Sea Route for technology roadmapping	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. of International Symposium on Okhotsk Sea and Polar Oceans	6. 最初と最後の頁 23-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Natsuhiko Otsuka, Shotaro Uto	4. 巻 38
2. 論文標題 Investigation of Beset Incidents in the Northern Sea Route by Risk Index and sea ice convergence	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. of International Symposium on Okhotsk Sea and Polar Oceans	6. 最初と最後の頁 31-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大塚夏彦、小浜 等、佐藤恵子、宇都正太郎	4. 巻 37
2. 論文標題 Case analysis of cargo ship besetting caused by sea ice in the Northern Sea Route - from the incident in November 2021-	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. of International Symposium on Okhotsk Sea and Polar Oceans	6. 最初と最後の頁 49-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 大塚夏彦	4. 巻 37
2. 論文標題 Arctic Sea Route under Pandemic and Ukraine Crisis- Current state of commercial use-	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. of International Symposium on Okhotsk Sea and Polar Oceans	6. 最初と最後の頁 193-196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chathumi Ayanthi Kavirathna, Ryuichi Shibasaki, Wenyi Ding, Natsuhiko Otsuka	4. 巻 26
2. 論文標題 Environmental sustainability of Arctic shipping through potential HFO-banned areas along the NSR	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The 26th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chathumi Ayanthi Kavirathna, Ryuichi Shibasaki, Wenyi Ding, Natsuhiko Otsuka	4. 巻 -
2. 論文標題 Vessel speed optimization considering the environment and economic perspectives of Arctic Shipping	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Association of Maritime Economists (IAME 2021)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 大塚夏彦, 泉山 耕	4. 巻 37
2. 論文標題 海氷状況による北極海航路航行船舶の航行可能速度の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 寒地技術論文・報告集	6. 最初と最後の頁 45-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Natsuhiko Otsuka, Yuji Kodama, Minsu Kim and Yang Jian	4. 巻 -
2. 論文標題 North Pacific Arctic Community Meeting (NPARC): a platform to develop Asian perspectives of the Arctic by a variety of experts in China, Japan and Korea	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Arctic Yearbook 2023, Lassi Heininen, Justin Barnes ed. (Arctic Portal ( <a href="https://arcticportal.org/">https://arcticportal.org/</a> ))	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Northern Sea Routeにおける航行障害事例と海氷集積度
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 海氷による航行障害事例と海氷集積度パラメータ
3. 学会等名 第39回寒地技術シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 北極海航路の現況と展望～パンデミックとウクライナ侵攻の影響
3. 学会等名 第38回寒地技術シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 北極海航路における海水による航行障害と氷況
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 地球温暖化のホットスポット北極
3. 学会等名 日本建築学会 第51回 熱シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Potential of Arctic Shipping ~ year-round operation becomes possible?
3. 学会等名 The 12th International Arctic Shipping Seminar, Busan, Korea (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Navigational hazard by sea ice convergence in the North East Passage
3. 学会等名 Arctic Frontiers 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Potential of Arctic Shipping?(Future of Arctic Shipping in the era of escalating geopolitical tensions and regionalization)
3. 学会等名 Arctic Circle 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Sustainability of the Northern Sea Route, commercial, environmental, and social perspectives
3. 学会等名 Arctic Circle Japan Forum (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Developing the Arctic Economy
3. 学会等名 Plenary Sessions, Arctic Circle Japan Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Navigational hazard by sea ice along the North East Passage
3. 学会等名 The 14th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Investigation of Beset Incidents in the Northern Sea Route by Risk Index and sea ice convergence
3. 学会等名 International Symposium on Okhotsk Sea and Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Possible environmental risk due to the navigation along the Northern Sea Route
3. 学会等名 International Symposium on Okhotsk Sea and Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Case analysis of cargo ship besetting caused by sea ice in the Northern Sea Route - from the incident in November 2021-
3. 学会等名 International Symposium on Okhotsk Sea and Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Arctic Sea Route under Pandemic and Ukraine Crisis- Current state of commercial use-
3. 学会等名 International Symposium on Okhotsk Sea and Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 Sustainability of the Northern Sea Route, commercial, environmental, and social perspectives
3. 学会等名 Seventh International Symposium on Arctic Research (ISAR7) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚夏彦
2. 発表標題 海氷状況による北極海航路航行船舶の航行可能速度の検討』、第37回寒地技術シンポジウム
3. 学会等名 第37回寒地技術シンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Jong Deog Kim and Charles E. Morrison ed.	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Korea Maritime Institute and The East-West Center	5. 総ページ数 120
3. 書名 The Arctic in Uncertain Times	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Arctic transportation and logistics  <a href="https://www.uarctic.org/activities/thematic-networks/arctic-transport-and-logistics/">https://www.uarctic.org/activities/thematic-networks/arctic-transport-and-logistics/</a>  Arctic transportation and logistics  chrome-extension://efaidnbmnmbpcajpcglclefindmkaj/https://www.uarctic.org/media/1600573/arctic-transport-and-logistics.pdf</p>
--

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	平田 貴文  (Hirata Takafumi)  (80576231)	北海道大学・北極域研究センター・特任准教授    (10101)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計3件

国際研究集会 ARCTIC OCEAN: A FIELD OF NEW OPPORTUNITY, Breakout Session organized by Hokkaido University Arctic Research Center(Japan) and Nord University Centre for High North Logistics(Norway)	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 International Seminar on Arctic Shipping, Today and Future ; Hokkaido Univ., Nord Univ., Kogakuin Univ. and Sasakawa Peace Foundation,Tokyo	開催年 2024年～2024年
国際研究集会 North Pacific Arctic Community Meeting Sapporo	開催年 2023年～2023年

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ノルウェー	Nord University	Molde University College	Internationalcentreforreinde erhusbandry	他1機関
ロシア連邦	Murmansk State Technical University	Northern Arctic Federal University		
フィンランド	Finnish Meteorological Institute			
カナダ	LavalUniversity	University of Ottawa	University of Montreal	他1機関
米国	UniversityofAlaskaatFairbanks	Dartmouth College		
中国	HarbinEngineeringUniversity	PolarInstituite of China		