

2024年3月11日
令和5年度 第2回海洋技術フォーラム
シンポジウム

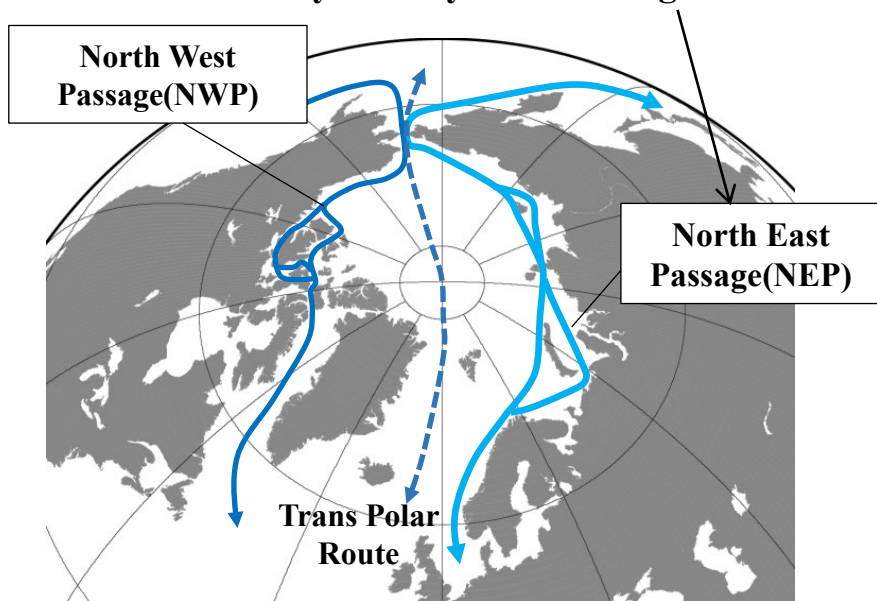
北極航路研究の現状と課題

国立大学法人 北海道大学 北極域研究センター
特任教授 宇都正太郎

- はじめに
 - 北極航路とは？
 - 北極航路利活用の現状
- 北極航路研究の現状：国内の関連研究の動向を中心に
- 北極航路研究の中長期的課題
- おわりに

はじめに - 北極航路とは

Northern Sea Route is a Russian definition of part of the NEP between the Novaya Zemlya and Bering Strait.



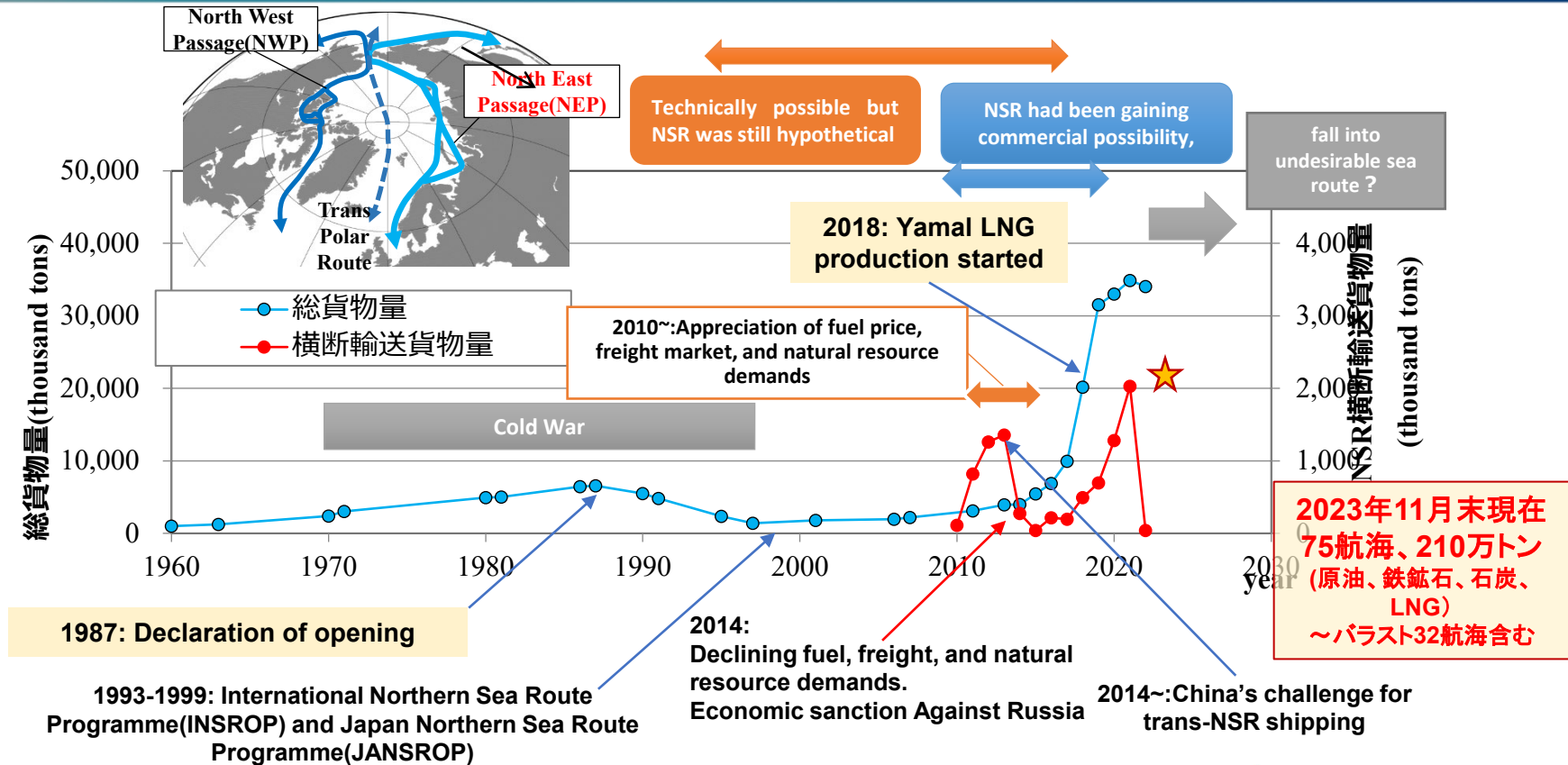
北極域の研究-その現状と将来構想-

北極環境研究コンソーシアム(JCAR)長期構想編集委員会編
海文堂出版 2024年2月より抜粋

----北極海の航路の呼称について----

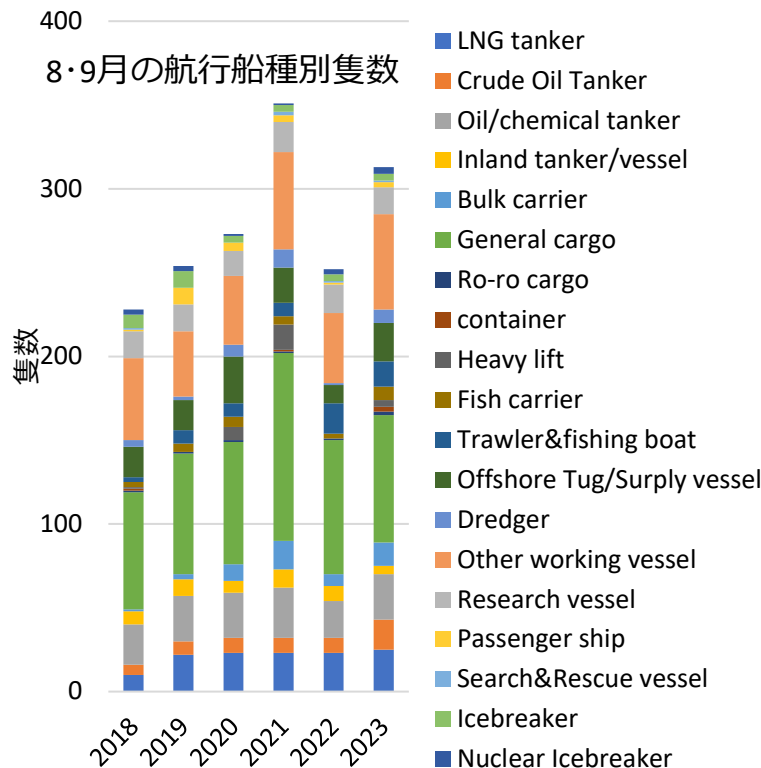
北極海の航路は、15世紀の大航海時代より、欧州からシベリア沖を通過して太平洋に向かう北東航路と、欧州(大西洋)からカナダ北部を通過して太平洋に向かう北西航路が知られている。北東航路の一部である北極海航路(Northern Sea Route: NSR)はロシアが開発した沿岸域航路である。現在及び将来は広域な北極海を運航する様々な航路開発が検討されているため、これらを総称して「北極航路」と称する。「北極海航路」はNSRの日本語訳として歴史的に定着した用語であるが、混同を避けるため本書では、「ロシア北方航路」の使用を推奨した。

北極航路の現状-ロシア北方航路による海上貨物輸送



大塚：北極航路の動向と展望および海氷による航行障害事例の分析
 北極航路研究の最前線 2023. 12

北極航路の現状-ロシア北方航路による海上貨物輸送



ロシア北方航路の8・9月の航行船舶の内訳

Source: Northern Sea Route Administration

- 2022年は航行隻数が急減～侵攻の影響か（国際輸送減少、経済制裁によるプロジェクトカーゴ減少、作業船減少）。一方でLNG、原油積み出しは堅調の様相
COSCOによる横断輸送はないが、10万DWTバルカーがムルマンスクから中国 嵐山港向け横断輸送（ムルマンスク産鉄鉱石?）
- 中国でのモジュール建造は、ウクライナ侵攻に対する経済制裁のもと、5月に停止した模様。

その後(2023)

- LNG：欧州向け減少、中国・アジア向け横ばいか増？
- 原油：横ばい～増？
- Arctic LNG2向け資機材の国際輸送は停止している模様。ただしロシア国内輸送は継続。

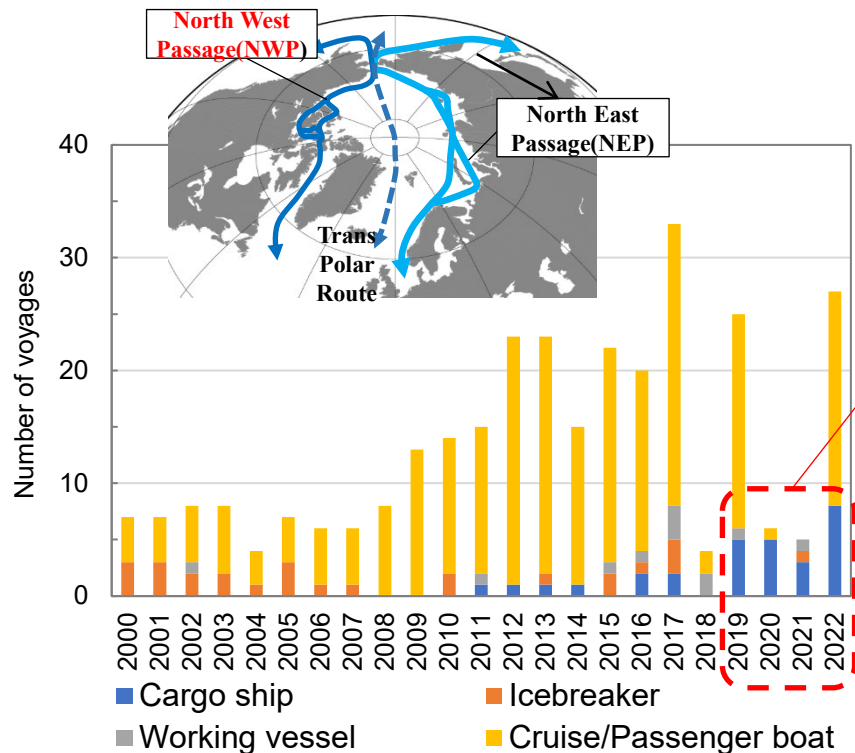


Fig.7 Number of trans North West Passage voyage
(Source: Headland R. K.)

- パンデミック以前は観光クルーズが主体。パンデミックで休止したが 2022年より復活したところ。
- NWPを横断するバルク貨物輸送が2019年から実施されている。仕向け先は韓国、及び中国とは両方向でウッドパルプ、カーボン電極などが輸送された。

- 地政学的なリスクの影響を受けるNSR（ロシア北方航路）を対象とした研究開発はどうあるべきか？
- 現下のスエズ運河及びパナマ運河の混乱が海上物流に大きな影響を与えている。
- 我が国の経済安全保障の観点から、中長期的な視点での取り組みが必要

●ArCSII (Arctic challenge for Sustainability II, 2020.6-2025.3)

- ✓ 北極域研究のナショナル・フラッグシップ・プロジェクト
- ✓ 自然科学・工学・人文社会科学など多岐にわたる分野横断的研究を志向
- ✓ 11の研究課題の1つが**北極航路課題** (PI: 工学院大学 金野祥久教授)



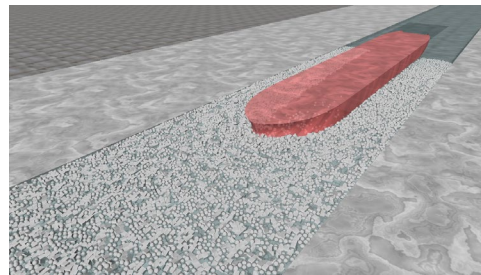
<https://www.nipr.ac.jp/arcs2/goals/subject03-02/>

- 北極海の環境変動をふまえ、**近未来の航路航行支援手法を構築**することを旨とし、以下のサブ課題を実施
 - ✓ サブ課題1：海氷厚さや変形氷の情報を含んだ**船舶航行に役立つ海氷情報**生成手法の開発と提供
 - ✓ サブ課題2：学術的手法に基づく**船舶の性能予測**（船速や燃費の予測）および**安全性評価**（構造安全性評価、**着氷に起因する運航安全性評価**）
 - ✓ サブ課題3：環境影響が特に懸念される**油流出事故**のインパクト評価と対策手法の検討
 - ✓ サブ課題4：気候変動を考慮した**北極航路利用の経済性評価**

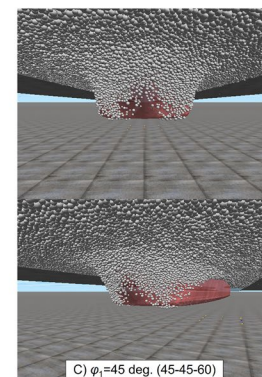
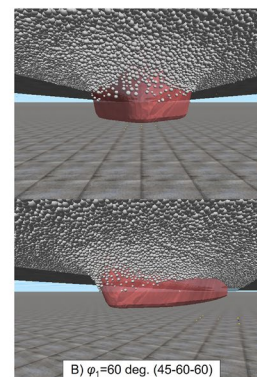
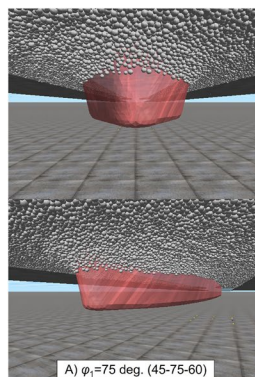
Brash ice channel 中の船体抵抗シミュレーション



Vasiola Zhaka, Brash Ice and Level Ice Growth, Effects of Snow. PhD Thesis. Lulea University

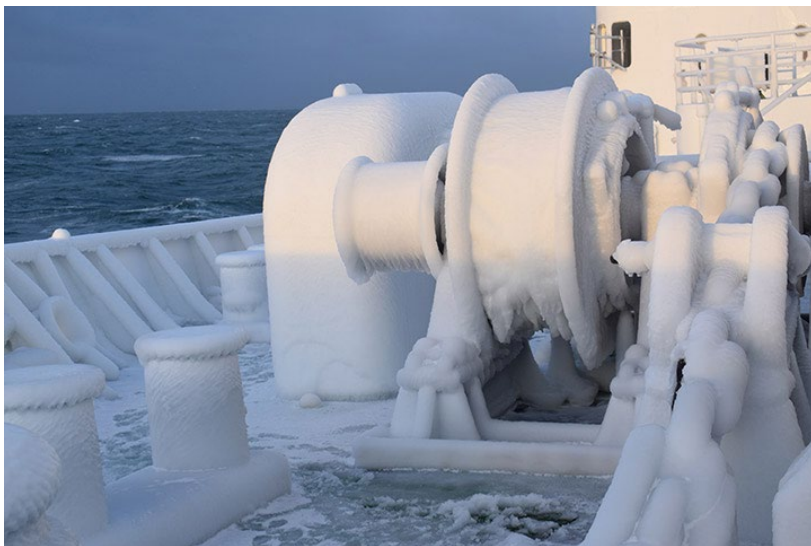


<https://www.nipr.ac.jp/arcs2/goals/subject03-02/>

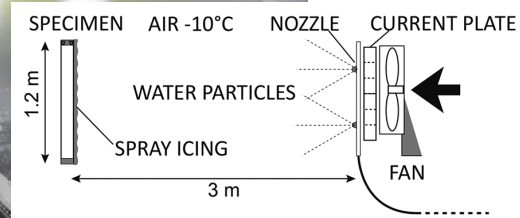
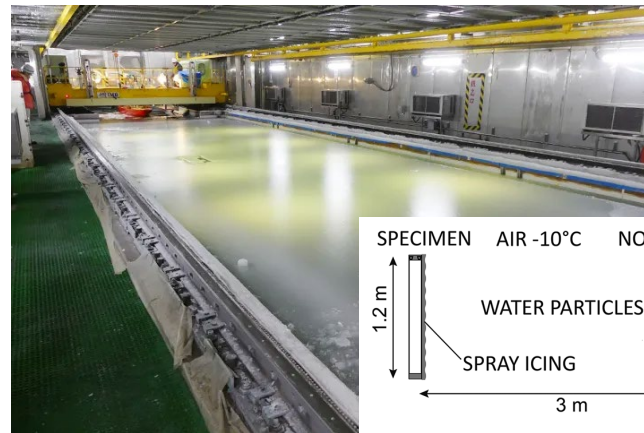


Taiki Tokudome and Akihisa Konno. Ship bow shape effects on brash ice channel resistance, Cold Regions Science and Technology Vo.206, Feb.2023

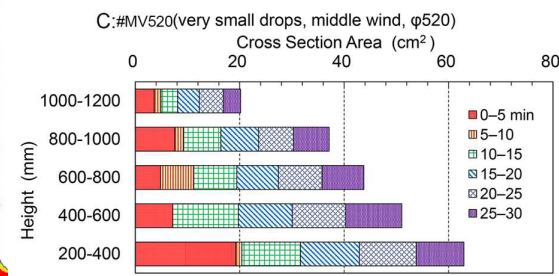
船体着氷の氷海水槽実験



<https://www.nipr.ac.jp/arcs/achievement/project/theme01.html>



<https://www.jmuc.co.jp/rd/ice/>



Toshihiro Ozeki and others. Laboratory experiments on spray icing with urea-doped water using flat and cylindrical specimens. Okhotsk Sea and Polar Oceans Research 8 (2024)

NSRを用いたコンテナ輸送の経済性を技術開発の観点から考察

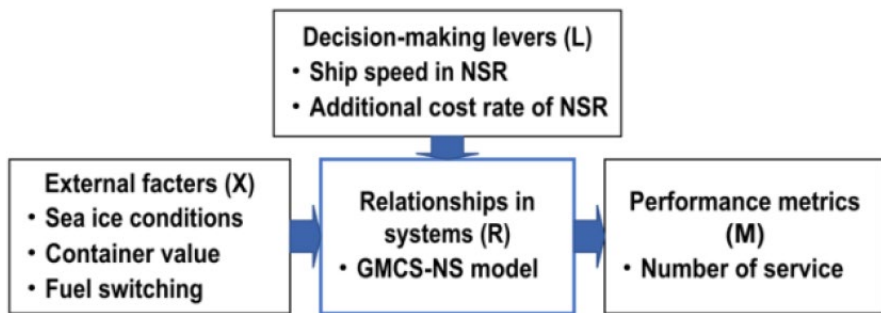


Fig. 1 Problem structuring with the XLRM framework

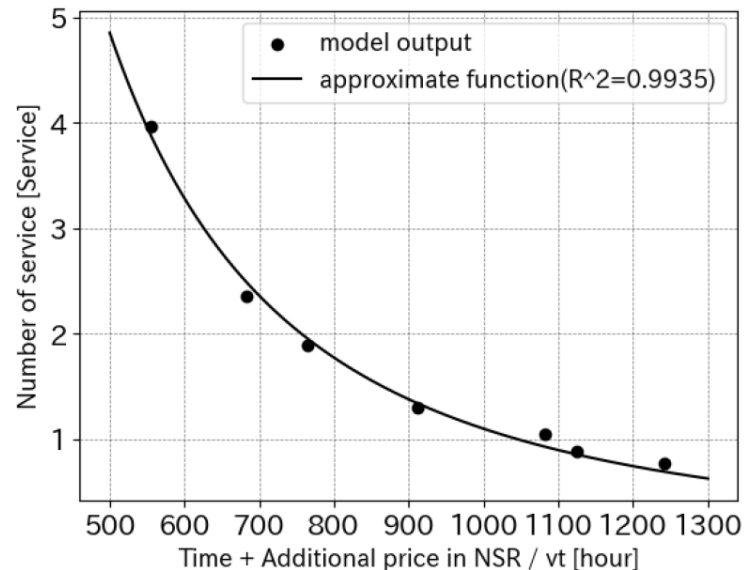
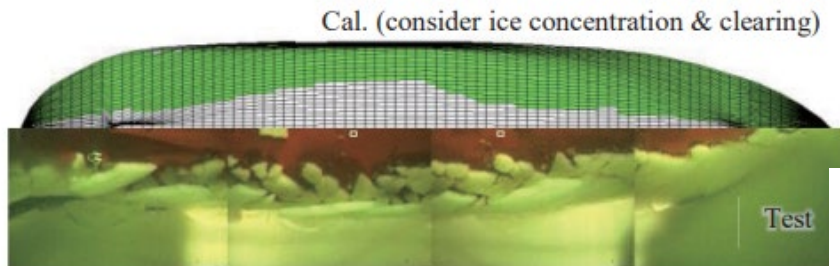


Fig. 2 Relationship between converted operating hours and number of services

Morikami K. and others., Model-based evaluation of Future Utilization of Northern Sea Route for Technology Roadmapping. The 38th International Symposium on the Okhotsk Sea and Polar Oceans, Feb.2024

砕氷によって水中部に潜り込んだ氷片の影響を考慮した抵抗推定法



安齋他、氷片膜モデルによる氷中抵抗の推定法。
日本船舶海洋工学会論文集第33号、2021年6月

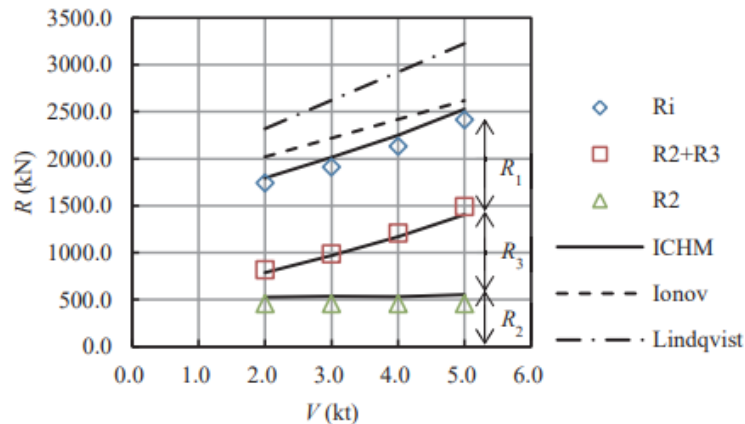


Fig. 18 Calculation results (Icebreaker).

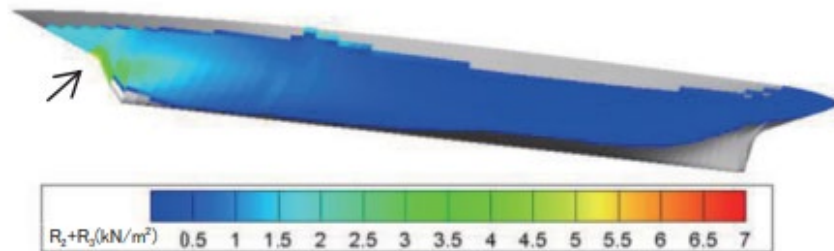


Fig. 22 Resistance distribution of $R_2 + R_3$ (Icebreaker).

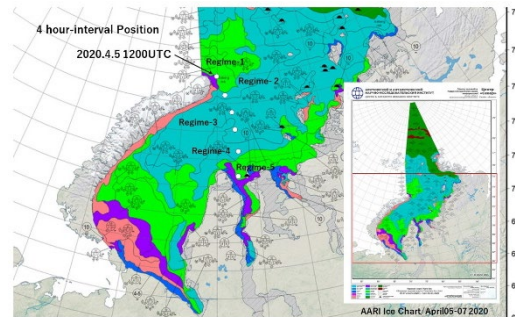


By tank tests or **simulation**

Resistance increase due to ice (ΔR_i)

Ice chart: WMO egg code information

Ice resistance formulae Uto et al.(2015)



$$P = P_W + \Delta P_I$$

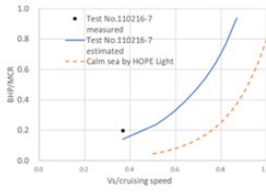
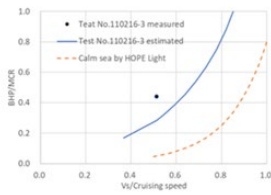
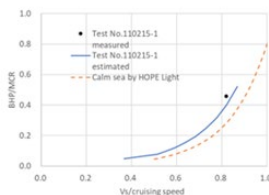
Propulsion Power in ice = Propulsion Power in calm water + Power increase due to ice

Ship data : Ice class
Ice data : Ice chart

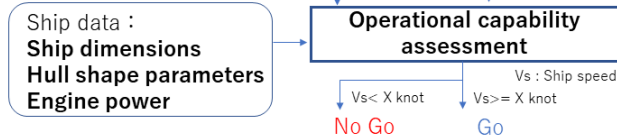
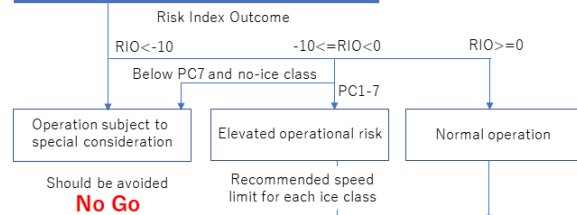
Partial Concentration	Stage of development	Form of ice	Ship speed (m/s)
1	Brush	Brush	8.86
6	Grease	NA	

Partial Concentration	Stage of development	Form of ice	Ship speed (m/s)
8	Thin FYI	Cake ice	5.66
2	Brush	Brush	

Partial Concentration	Stage of development	Form of ice	Ship speed (m/s)
4	Thin FYI	Small floe	3.84
3	Thin FYI	Cake ice	
3	Brush	Brush	



Safety assessment by POLARIS



- JCAR (Japan Consortium for Arctic Environmental Research : 北極環境研究コンソーシアム)
 - ✓ 我が国の北極に関わる様々な分野の研究者が協力して立ち上げたネットワーク型組織
- 氷工学研究ワーキンググループ
 - ✓ 国内の氷工学研究に携わる研究者・技術者23名
- 2023年4月に氷工学分野の中長期研究計画を議論

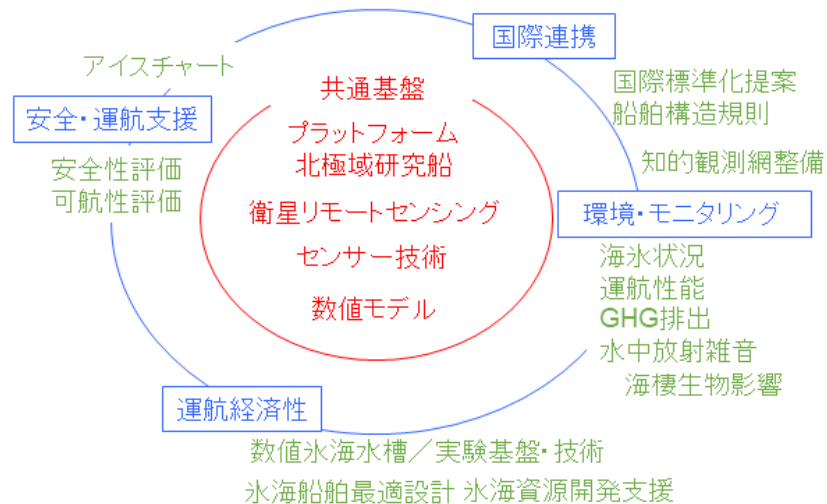
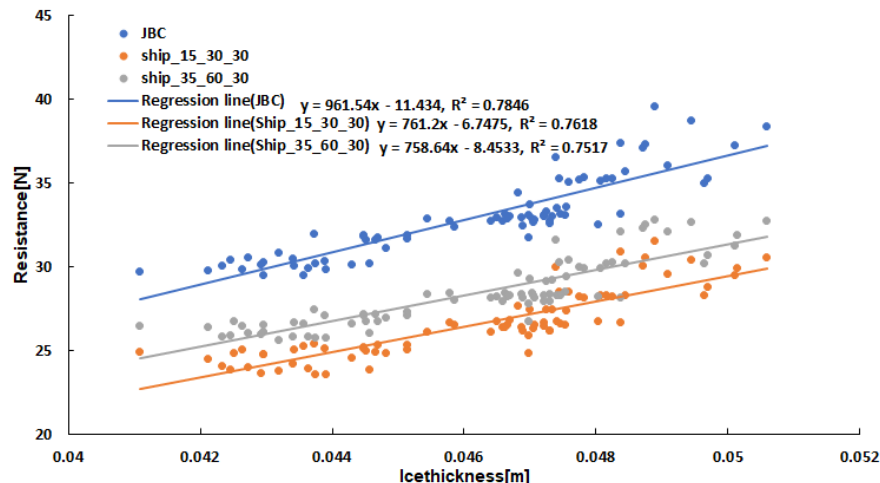
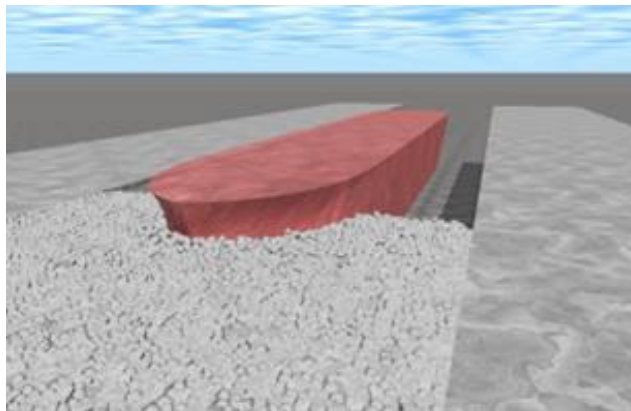


Fig.2 Key words for medium to long-term plan of ice engineering research

● 金野（工学院大学）

「船舶の氷海航行中出力評価の高度化と航路経済性評価への適用」

- 数値解析、模型実験及び北極域研究船を用いた実船計測データを総合して氷海航行時船速、燃費等を適切に見積もり**経済性評価の高精度化**を可能とすること。



数値シミュレーションによるBrash ice channel中の氷海船舶の抵抗推定. Konno and Yoshida, Proc.POAC'23  域研究センター

- 宇都（北海道大学）及び佐川（ウェザーニューズ）

「AI技術を応用したIce chartの高度化及び国際標準の提案」

- AI及び高分解能衛星情報を用いて生成した**航行支援情報**（Ice chart）を北極域研究船に提供し**技術実証**

- 澤村（大阪大学）

「氷海船舶の氷中航行支援システムの実装」

- 1)過去の氷海航行実船データ解析.
- 2)実船データ収集方法の検討と高精度化.
- 3)氷海航行安全性評価の確立.
- 4)**航行支援システムの実装**

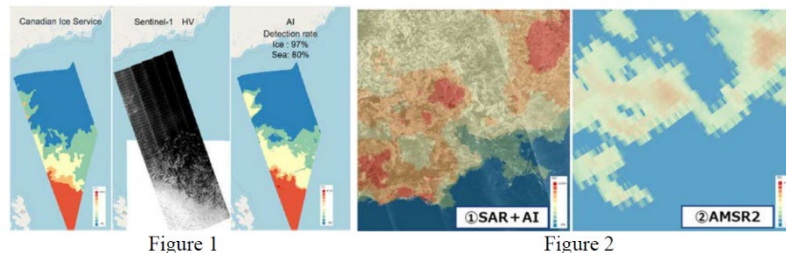


Fig.3 Automatic segmentation of sea ice concentration

Akiyoshi et al. Proc.ISAR-7, 2023.

- 早稲田（東京大学）
「北極航路支援のための知的観測網構築」
- 水野ら（ジャパンマリンユナイテッド）
「氷海域の海氷力学特性調査における砕氷船（北極域研究船）の活用」
- Ice load Monitoringシステムによる海氷強度の推定
- 松沢（海上技術安全研究所）
「船舶の北極航行による環境影響の定量化と長期監視」
- 排ガス及び水中騒音等の環境影響を定量化するデータをいち早く取得し、現実的な**規制や設計クライテリアのためのバックデータ**として提供
- 環境影響を評価関数とした航路最適化シミュレーション法を開発し、**環境保全を考慮した運航を支援するツール**として提供

- 氷による船体や機関への影響、低温下における人体への影響、低温および高緯度下における航海計器等への影響に加え、海氷域を航行する上で船員に求められる知識・技能の強化が求められる。
- **船舶運航者の運航技能の向上**も求められるところであるが、海氷予測の技術発展と船舶の安全運航は表裏一体であり、**氷況予測精度の向上**、**リアルタイムの氷況情報**入手、船体構造および各種航海計器や機関能力の向上、海図の精度向上等、**船舶運航者を取り巻く環境の整備**も望まれるところ、各分野での研究の促進が期待される。

- 北極航路の航行実績が増加している現在、氷海航行や海氷・気象予測、環境インパクト等に関する工学的知見と、今後の世界経済・貿易や国際海運ネットワーク、エネルギー・環境政策、国際政治・社会等の動向も踏まえた実務ニーズに基づいた、より精緻な北極航路のフェジビリティの検討が必要。
- 北極航路は国際政治や国際法制の影響も強く受ける。北極圏を取り巻く国際政治・法制の今後を予測することは非常に難しいものの、これらの分野の専門家と共同で将来シナリオを想定し、様々なシミュレーションを予め実施するという対応が考えられる。

柴崎隆一、山口真一．北極域の研究-その現状と将来構想、2-2-1(4)物流

- 北極航路のうちNSR（ロシア北方航路）は近年の海氷勢力の減退傾向及び沿岸での資源開発の進展を受けて、国際航路としての利用が進んできた。
- しかし現下の情勢によって、国際航路としての活動は著しく停滞している。
- 我が国は1990年代にNSRの利活用を目的とした国際共同研究プロジェクトINSROPを行うなど、本分野での先導的な役割を果たしてきた。この時の資産はArCSIIプロジェクトに受け継がれている。
- 国際海運に混乱が見られる現在、中長期的な視点から、北極航路の持続可能な利活用を目指した研究開発を行うことは意義が大きい。