（別紙様式10）

2021年度 北極域研究共同推進拠点 共同研究等報告書

【申請区分】: □萌芽的異分野連携共同研究 □共同推進研究

■産学官連携フィージビリティ・スタディ

□共同研究集会 □産学官連携課題設定集会

【研究課題名】: NSR 航行船舶の性能評価のための基盤データセット構築手法の検討

【研究期間】:2021 年度

【共同研究員】

共同研究員	氏名	所属・職名	専門分野	区分（注 1）
研究代表者（拠点内）（注 2）	宇都 正太郎	北海道大学 北極域研究センター 教授	船舶海洋工学 氷工学	
研究分担者（拠点外）（注 2）	泉 史郎	株式会社 商船三井 技術部 プロジェクトリーダー		
	泉山 耕	北海道大学 北極域研究センター 研究員	氷工学 船舶海洋工学	
研究分担者（拠点内）（注 2）	大塚 夏彦	北海道大学 北極域研究センター 特任教授	船舶海洋工学 海上物流学	
研究協力者（注 2）（注 3）	川越 美一	株式会社 商船三井 顧問		
	柏木 孝夫	株式会社 MOL シップテック 設計部長		
	森田 光稀	株式会社商船三井技術部 LNG 船プロジェクトチーム・スタッフ		

（注 2）拠点内外については、募集要項別添の北極域研究共同推進拠点を形成する3研究施設の研究者リストをご覧ください。

（注 3）計画申請書に含まれていなかった方でも結果的に本共同研究に参画された方（招へい者等）が居られれば、研究協力者として記述して下さい。

【研究の内容】

(1) 概要を 400 字以内（文字のみ）で記載してください。

近年、北極海、特にロシア沿岸を航行する北極海航路（Northern Seas Route : NSR）の商業利用が急速に進みつつあるが、商業航路としての成立性をさらに高めるためには様々な課題が残されて

いる。このうち技術的な課題としては、1)経済性の観点から航行船舶の運航性能の高精度な推定、2)安全性の観点から信頼性の高い運航リスク評価、が挙げられる。これらの研究開発の基盤となるのが海氷状況(以下、氷況)に関する情報である。今日では衛星リモートセンシング及び数値シミュレーション技術の発達によって、広域の氷況情報を得ることが可能となったが、船舶の運航スケールに鑑みて精度等の検証が必要である。本研究では現地観測データの解析手法を開発し、氷中航行性能評価のための基盤データセットのプロトタイプを構築した。利用可能な様々な情報と比較し、その妥当性を検証するとともに、NSR 航行船舶の効率的かつ安全な運航に資する活用策を提案した。

(2) 図表や写真も交えて、研究の内容や成果等を 2000 字程度でまとめてください。

本研究の成果を以下の 5 項目に分けて記載する。

1. 利用可能な氷況データの整理

本研究では①船上で取得された画像情報、②船員による目視観測結果及び③運航支援情報として利用されている Ice Chart の3種類のデータを利用した。①は氷海船舶の船上から進行方向及び船側方向に一定時間間隔で撮影された可視及び近赤外画像である。これらのデータから海氷密接度及び氷盤サイズ情報を抽出した。②は北極海向けの船上目視観測標準プロトコル(IceWatch)に則って、一定時間間隔で海氷密接度、氷厚及び氷盤サイズに相当する情報を乗船者が記録したものである。また③は衛星リモートセンシング解析結果をもとに氷況が一様な海域を指定し、その中の海氷密接度、氷厚及び氷盤サイズ等に相当する氷況情報が含まれる(Fig.1)。これらのデータを整理した結果、6 航海で 3 者の比較が可能であることがわかった。

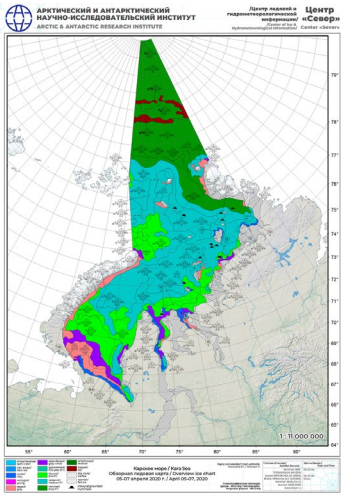

Fig.1 Ice chart の例

種類	取得可能な氷況	特徴
Ice Image	海氷密接度 氷盤サイズ	実際に船舶が航行する海域の氷況を画像記録 時間分解能：高（1分間隔） 空間分解能：高
Ice Watch	海氷密接度、氷厚、氷盤サイズ（船位船速・海気象条件）	実際に船舶が航行する海域の氷況を目視記録 時間分解能：中（4時間間隔） 空間分解能：中（周囲1マイル）
Ice Chart	海氷密接度、氷厚、氷盤サイズ他	衛星リモートセンシングデータ解析 時間分解能：低（1～数日に1回更新） 空間分解能：低（10km×10kmオーダーの領域の氷況）

Fig.2 3 種類の氷況データソースの概要

2. 船上取得画像の解析プログラム開発

海氷密接度(氷が海面を占める割合)及び氷盤サイズの解析プログラムを開発した。このうち海氷密接度解析プログラムの概要及び解析結果の一例を Fig.3 及び 4 にそれぞれ示す。

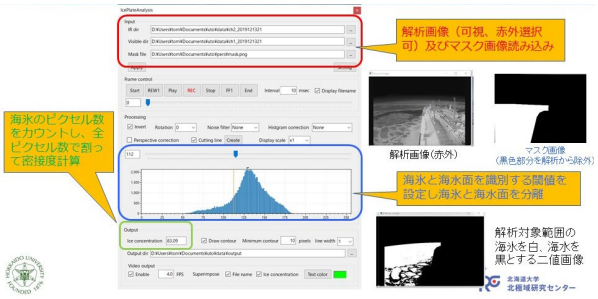

Fig.3　海氷密接度解析プログラムの概要

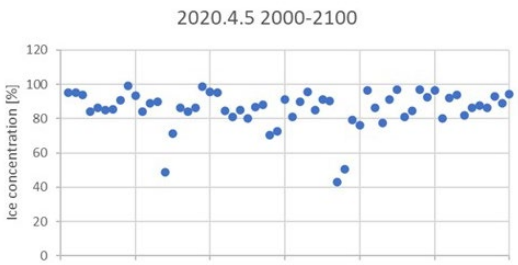

Fig.4 海氷密接度解析結果の例

3.　氷況データの比較―海氷密接度

海氷密接度は船舶の氷中性能に最も大きな影響を及ぼす氷況パラメターの一つである。本研究では海氷密接度について船上画像解析結果と船上目視観測結果の比較を行った。結果を Fig.5 及び 6 に示す。両者は概ね±20 ポイント程度の範囲で一致することがわかった。次に 1.で同定した 6 航海のうち 1 航海について Ice Chart を含めた 3 者に対して海氷密接度を比較した。その結果、上述した結果と同様に概ね±20 ポイント程度の範囲で 3 者は一致することが判った。

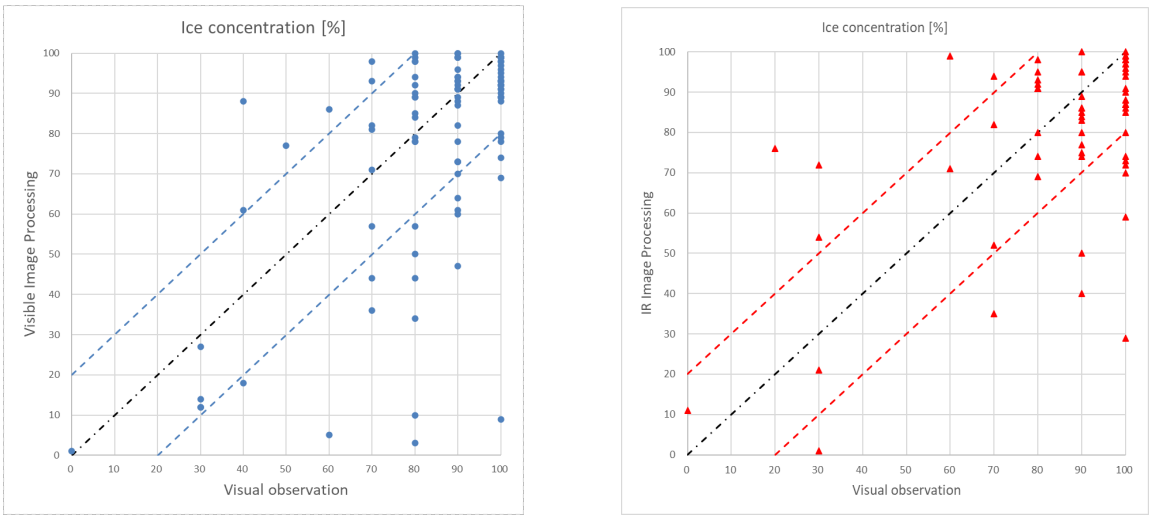

Fig.5　画像解析結果と目視観測結果の比較(左:可視画像、右:IR 画像)

4.　航行支援情報(Ice Chart)の精度検証

3 節までは氷況のうち海氷密接度についての比較を行った。ここでは氷況データソースの違いが船舶の応答に及ぼす影響を検討した。船舶の応答としてプロペラ推力(スラスト)を取り上げ、本研究の一環として提案した手法を用いて推定した。手法の詳細は下記の文献を参照していただきたい。

1)　宇都:船舶の氷中抵抗推定における Ice chart の適用、第 37 回寒地技術シンポジウム(2021)
2)　宇都、豊田:Evaluation of ship resistance in ice regime using ice chart、第 36 回北方圏国際シンポジウム(2022)

次に仮想的な氷海船舶を想定し、船上目視観測及び Ice Chart の 2 種類のデータソースで得られた海氷密接度、氷厚及び氷盤サイズ情報を入力した。スラスト推定結果を Fig.6 に示す。Ice Chart による推定結果は概ね安全側の評価（＝目視観測に比べて大きく推定）となることを確認した。本結果から北極海航路航行船舶に支援情報として提供される Ice Chart を用いて、氷海船舶の運航性能を概略推定可能であることが示唆された。

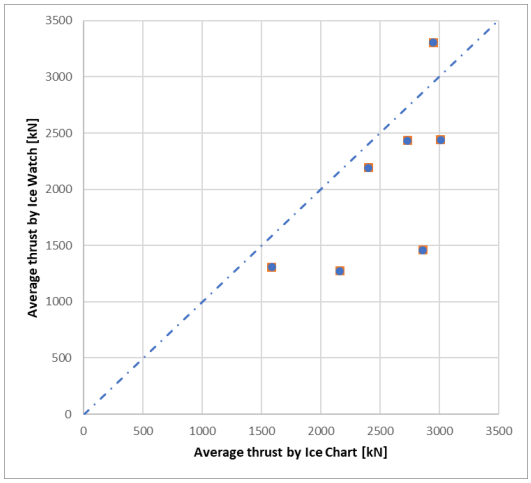

Fig.6 Ice Chart と目視観測結果を用いたスラスト推定結果の比較

5. NSR 航行船舶の効率的かつ安全な運航に資する活用策

今後の研究開発の方向性を以下の通り整理した。

- NSR 航行船舶の運航性能推定に必要な氷況情報について

本研究では 3 種類のデータソースについて比較したが、衛星リモートセンシングを含めた時空間スケールの異なる氷況データの比較検証をさらに進める。また船舶の航行安全性の観点から衛星 AIS と衛星リモートセンシングデータを用いた航行困難海域の推定にも取り組む。

- NSR 航行船舶の運航性能推定手法

北極海航路航行船舶の運航性能（船速・出力）及び各種氷況情報の相関モデルの検討を進めるとともに、物理モデルに基づいた運航性能推定手法の開発及び精度検証を行う。

(3) 本共同研究に関する活動・実績等を下表に記入してください。

①研究打合せ、学会参加・集会(注 4)、調査等

(注 4) 研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者によるもの

日程(月日)	日数（日）	活動内容	場所	研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者の参加者名・部署	参加者数（人）
2021.11.22	1	共同研究キックオフ	北大	宇都正太郎、川越美一、泉史郎、森田光稀、柏木孝夫、大塚夏彦、田中雅人、泉山耕	8

2021.1.26	1	進捗打合せ	オンライン	宇都正太郎、泉史郎	2
2021.2.10	1	進捗打合せ	オンライン	宇都正太郎、泉史郎	2
2021.3.16	1	成果報告会	東京	宇都正太郎、川越美一、泉史郎、森田光稀、柏木孝夫、大塚夏彦（オンライン参加）	6

②研究論文：該当なし

③研究書等著書：該当なし

④特許等出願：該当なし

⑤研究発表(資料添付も可)

発表年月日	発表者名（共著者を含む）	発表タイトル	発表学会等名称	発表地	招待講演（○）
2021.11.18	宇都正太郎(北大北極域研究センター)	船舶の氷中抵抗推定における Ice chart の適用	第 37 回寒地技術シンポジウム	札幌	
2022.2.22	宇都正太郎(北大北極域研究センター)、豊田威信（北大低温科学研究所）	Evaluation of ship resistance in ice regime using ice chart	第 36 回北方圏国際シンポジウム	北大（オンライン開催）	

⑥国際シンポジウム等(資料添付も可)：該当なし

⑦本共同研究に関し実施(主催、共催、後援等)したシンポジウム・集会(注 6)等(資料添付も可)：該当なし

⑧本拠点共同研究に係る成果が科学研究費などの外部資金の応募(予定を含む)やプロジェクトに発展した例があればご記入ください。

・プロジェクト名 ・代表者・関係者(所属) ・関係研究者	・プロジェクトの主な財源 ・金額	プロジェクト期間	・プロジェクト概要 （目的・期待効果、規模、参加国等）

・予定の場合は、(予定)と記載してください			・これまでの本共同研究との関連性 (300 字程度)
・流氷期オホーツク海における航行安全性・可航性評価手法の提案 ・代表者:宇都正太郎(北海道大学)	科学研究費補助金 基礎研究(C) 320 万円	令和4年～6年	・プロジェクト概要 流氷期オホーツク海を対象として、2 段階のアプローチにより安全性及び可航性を満足する航行限界を評価することが可能とし、流氷期オホーツク海における航行安全性の向上及び将来の適切な運航管理に貢献することを目標とする。 ・これまでの本共同研究との関連性 北極海航路を対象とした氷況情報の取得及び活用方法、並びに船舶の氷中運航性能推定法に関して本共同研究で検討した結果を、流氷期オホーツク海における船舶の可航性評価に適用したもの。

⑨研究成果が一般社会産業界などに還元(応用)された事例や新しい研究分野の開拓や教育活動に反映された事例(資料添付も可):該当なし

⑩その他国際研究協力活動事例:該当なし

⑪学会賞等受賞、アウトリーチ、取材、その他:該当なし
記事コピー等を添付してください。

⑫コロナ禍の影響と対策
本共同研究へのコロナ禍の影響と対策(改善・代替策、計画変更、工夫等)、助成金執行率(%)について記述してください。

影響の事象	対策の有無と内容 (計画変更・中止、改善・代替策、工夫等)
該当なし	