

衛星リモートセンシングによる 北極海航路上の氷況と船舶の航行可能速度の関係性 Relationship of between sea ice condition and navigable speed in the Northern Sea Route by using satellite remote sensing

奥田 駿 (北見工業大学大学院),
館山 一孝 (北見工業大学), 大塚 夏彦 (北海道大学北極域研究センター)
Hayato Okuda, Kazutaka Tateyama, Natsuhiko Otsuka

1. 研究背景と目的

近年、北極海域の海氷の減少傾向¹⁾に伴い、東西の輸送路として北極海航路利用に対する期待が高まっている。北極海航路を利用することで、従来のスエズ運河経由の航路に対して航行距離を3~4割短縮することが可能となる²⁾。また、この距離の短縮効果はアジア側の港湾位置が北であるほど大きくなるため日本においては特に期待が持たれている。さらに、北極域に埋蔵されている天然資源の世界への輸送に不可欠な航路であるため、日本国内でも利用の機運が高まっている³⁾。

しかしながら、通航時期や通航船舶の耐氷、砕氷性能によっては、減速や待機を余儀なくされる場合も多い。このため、安定した航行が難しいといった短所がある⁴⁾。

本研究は、衛星リモートセンシングから得られた氷況データと、AIS (Automatic Identification System) によって得られた実際の船舶の航行速度などのデータから、北極海航路における航行速度の推定を行うことで、将来的に北極海航路の高効率な利用に寄与することを目指すものである。

2. 使用データ

2. 1 船舶データ

本研究で扱った船舶のデータは Shipfinder.com を利用して取得した。Shipfinder.com とは、AIS を用いた船舶動向をモニタリングできるインターネットサービスの1つであり、得られた実船の航行データから位置と船速のデータを用いた。対象とする船舶は積載重量一万トン以上の各種貨物船とした。

また、北極海航路を航行する船舶の多くは、その耐氷性能および砕氷性能の指標であるアイスクラスを保持している。この船舶の性能差を考慮するため、アイスクラスごとに解析を行うこととした。表1に各ア

表1 各アイスクラスの航行可能とされる氷況および海水厚の参考値⁴⁾

極地氷海船階級 (Polar Class)	氷況及び季節の目安	氷厚参考値 (m)
PC1	全ての極地氷水域を通年航行	3.5以上
PC2	中程度の厳しさの多年氷が存在する氷水域を通年航行	3.0~3.5
PC3	多年氷が一部混在する2年氷の中を通年航行	2.0~3.0
PC4	多年氷が一部混在する厚い一年氷の中を通年航行	1.2~2.0
PC5	多年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を通年航行	0.7~1.2
PC6	一年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を夏季又は秋季に航行	0.5~0.9
PC7	多年氷が一部混在する薄い一年氷の中を夏季又は秋季に航行	0.3~0.6

アイスクラスに対する航行可能とされる氷況の目安と海氷厚の参考値を示す。

北極海航路における船舶の航行は、このアイスクラスによって時期や海域が制限されており、北極海航路局 (NSRA) および NSRA から管制業務を委託された運航管制所の指示のもと航行しなくてはならない。これにより、厳しい氷況の海域を航行する際は砕氷船による支援を受けて航行を行うことがある⁴⁾。

2. 2 氷況データ

衛星搭載マイクロ波放射計 AMSR2 で観測された海氷密接度と輝度温度のデータを使用した。海氷密接度のデータは JAXA の地球観測衛星データ提供システム (G-Portal) より取得し、海氷厚については、同サービスから得られる輝度温度から Krishfield ら (2014) の氷厚推定式⁶⁾を用いて算出したものを利用した。また、空間分解能は $10\text{km} \times 10\text{km}$ であり、海氷の影響を考慮して氷厚および密接度が共に 0 以上を示す値を用いた。

3. 日平均船速と海氷厚の関係

対象期間は 2014 年および 2015 年の 6~8 月と 10 月である。また、衛星観測で得られる氷況データが日平均データであるため、船速のデータも日平均に換算して用いた。そして、アイスクラスごとに分類することでその傾向を調べた。本解析では PC4, PC6, PC7 の三つのアイスクラスを対象とした。図 1 に各アイスクラスにおける海氷厚と船速の関係を示す。

PC6 については両者の間に負の相関がみられ、得られた近似式において、海氷厚が 0.1m 上昇すると、速度がおよそ 0.52kn ($1\text{kn}=1.852\text{km/h}$) 低下するという関係があった。

しかし、PC4 については相関がほとんど認められなかった。PC4 の船舶は高い耐氷性能を保持しており、砕氷船支援を受けずに航行していたことから、夏季の PC4 の船舶の航行では減速を余儀なくされるほどの氷況に達しないと考えられる。

また PC7 についても有意な相関が認められなかった。この要因として、日平均速度および海氷厚が共に高い値を示す点の航行状況が、その前後の船速の変化から砕氷船の援助を受けての航行である可能性が高いことが示唆される。本研究では、大型砕氷船の航行データと比較することで援助航行の有無を判断したが、把握していない小型砕氷船による援助航行によって厳しい氷況において十分な船速を維持できたのではないかと考えられる。

4. 瞬間船速と海氷厚の関係

図 2 に 2014~2016 年の夏期間 (6~8 月, 10 月) に北極海航路を航行した PC6 の船舶の瞬

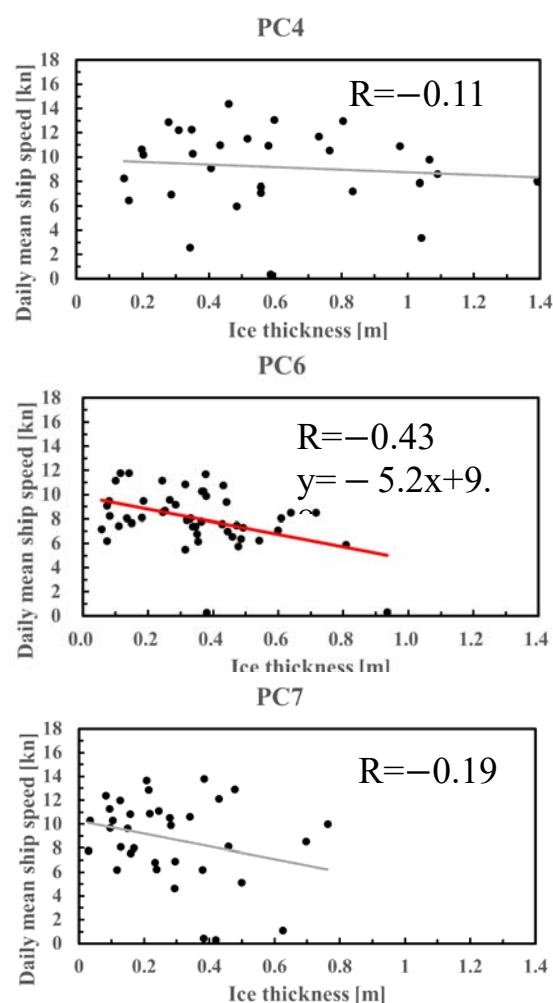


図 1 各アイスクラスの日平均船速と海氷厚の関係

間船速と海氷厚の関係を示す。この図から、航行事例が海氷厚 0.9m 以下の PC6 の航行可能範囲とされている領域に多く分布していることがわかる。しかし、低い船速海氷以外の種々の理由によっても発生することがあるため、データのばらつきが大きく、両者の関係を有意に求めることは出来なかった。

そのため、海氷厚は小数点以下 2 桁を四捨五入し 0.1m ステップとし、各海氷厚の上位 3 点を抽出することで最大船速と海氷厚の関係を調べた (図 3)。両者は相関係数 R が -0.63 の負の相関関係にあった。

また、船速上位 3 点のうち、海氷厚が 0.5m 以下の薄い部分では船速は横ばいの傾向にあり、0.6m 以上の厚い部分では減速傾向にあった。

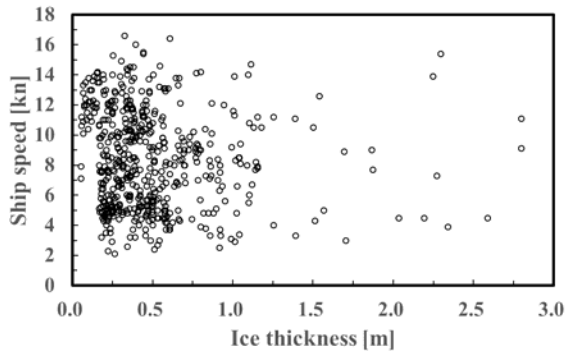


図 2 PC6 船舶の瞬間船速と海氷厚

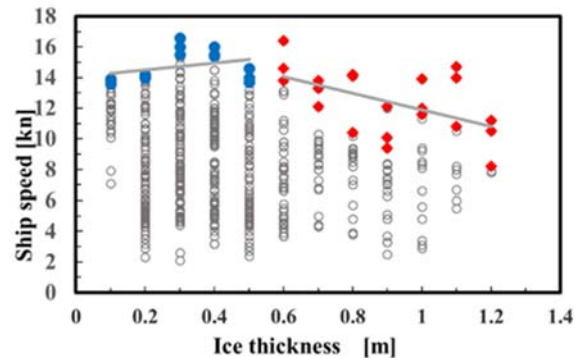


図 3 PC 6 船舶の海氷厚に対する最大船速

5. 航海事例ごとの解析

実際の船舶は、同じアイスクラスを保有している船舶であっても、船ごとに性能差が存在する。また、航行事例ごとに船舶のミッションは異なるため、一航海ごとに注目する必要がある。

図 4 に 2017 年の夏季に北極海航路を東西に完航した 2 つの事例を示す。事例 a の船舶は 7 月 13 日～7 月 27 日の間にモトフスキー湾付近からペベク港までを航行した PC6 のアイスクラスを持つタンカーである。この事例において、明らかに減速する領域があることがわかる。特に、カラゲイト海峡やビルキツキー海峡において著しい減速を示している。この要因として、これらの海峡域は一般に、狭隘であり浅水域が多く、大型船舶では海氷の有無に関わらず減速を余儀なくされる場合があることが考えられる。また、海峡のみでなくラプテフ海上でも減速している。

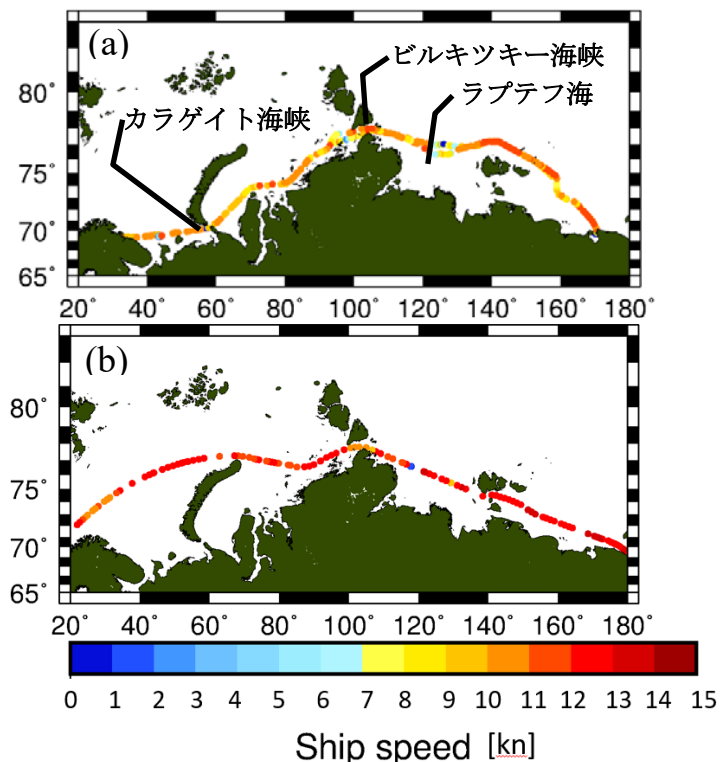


図 4 2017 年夏季の航行事例

事例 b の船舶は 9 月 19 日にベーリング海峡から北極海航路に侵入し、10 月 20 日にノルウェー沿岸まで航行した PC6 のアイスクラスを持つ general cargo 船舶である。事例 a の船舶と同様に海峡付近では減速しているが、航路上全体の船速は事例 a の船舶よりも高い値を示している。これは、事例 b の航行期間が北極海において例年海氷域面積が最少を記録する 9 月を含んでいるため、事例 a に比べ氷況が緩やかな海域を航行したためではないかと考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、実船の航行速度と海氷厚の関係性を調べた。

まず、日平均船速と海氷厚の関係を各アイスクラスについては、PC6 の船舶で比較的強い負の相関関係を得られた。これは、海氷厚が 0.1m 上昇すると、速度がおよそ 0.52kn 低下する関係にあった。

また、PC6 の船舶の瞬間船速と海氷厚の関係については、航行事例が海氷厚 0.9m 以下の PC6 の航行可能範囲とされている領域に多く分布していることが分かった。さらに、最大船速に着目するため、各海氷厚上位 3 点の船速に着目すると、相関係数-0.63 の負の相関関係が得られた。海氷が薄い領域と厚い領域では異なった傾向を示すことがわかった。

さらに、アイスクラスが等しい船舶においても性能差が存在することから、PC6 の異なる船舶の一航海ごとの事例に着目したところ、海峡付近などで減速する領域があり、今後は地理的要因も考慮する必要があることが示唆された。加えて、季節によっても船舶の航行速度に差が生じる可能性があるため、冬季も含めた多様な航海事例に関して解析する必要がある。

【参考・引用文献】

- 1) 気象庁, 2017: 海氷域面積の長期変化傾向 (北極域), https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/series_arctic/series_arctic.html. (参照日: 2018 年 6 月 28 日)
- 2) 森下裕士, 舘山一孝, 大塚夏彦, 2016: 北極海航路における氷海航行速度解析と氷況・海域の影響, 北海道の雪氷, 35, 107-110.
- 3) 独立社団法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構. 2017: 北極域研究共同推進拠点北極域科学概論資料.
- 4) 北極海航路ハンドブック検討委員会, 2016: 北極海航路ハンドブック 実務編 (上巻).
- 5) 北海道建設部航空港湾局物流港湾課, 2013: 北極海航路可航性調査事業委託業務報告書.
- 6) R. A. Krishfield, A. Proshutinsky, K. Tateyama, W.J. Williams, E.C. Carmack, F.A. McLaughlin, M.-L. Timmermans, 2014: Deterioration of perennial sea ice in the Beaufort Gyre from 2003 to 2012 and its impact on the oceanic freshwater cycle. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **119**, 1271-1305