

# 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 Analysis of ship speed in sea ice by the influence of ice condition and regional effect in the Northern Sea Route

森下裕士 (北見工業大学大学院), 舘山一孝 (北見工業大学), 大塚夏彦 (北海道大学)  
Hiroshi Morishita, Kazutaka Tateyama, Natsuhiko Otsuka

## 1. はじめに

北極海航路とは大西洋とベーリング海峡を結ぶ航路を示すが, 本研究ではロシア沿岸を航行する北東航路を解析対象とした. 近年, 北極海の海氷は減少傾向にあり<sup>1)</sup>, 北極海航路の実用化には大きな期待が寄せられている. 北極海航路は, スエズ運河経由の航路に比べて, アジアとヨーロッパの航行距離を約 40%削減できることを最大の利点としている<sup>2)</sup>.

航路開通期間の予測は, 貿易の活性化において重要な要素であるが, 現在手法が確立されていない. 氷海航行速度が不明確であることが原因であり, 予測手法の開発には航行時の氷況を把握することが重要である. Petrich ら<sup>3)</sup>は, 2013年8月~10月

において東経 150 度~160 度の海域を航行した船舶の航海期間は, 期間内の海氷密接度 (一定海域内を海氷が占める割合) の平均値と相関関係があることを報告した. 著者ら<sup>4)</sup>も昨年, 日平均船速と海氷密接度の日平均値との間には相関があり, 海氷密接度に海氷厚をかけるとさらに相関が強まることを明らかにした. しかし, 氷況と船速の関係式を元に船速予測を行った結果, 大きな誤差が生じた. これは海域による違いや砕氷船による航行支援の影響を考慮していなかったことが原因であると考え, 本研究では解析範囲を海域ごとに分け, 砕氷船の支援の有無などを加えた詳細な解析を行った. まず, 氷海航行時の海氷密接度と海氷厚, 船速をマッピングし, バレンツ海, カラ海, ラプテフ海, 東シベリア海における氷況と航海状況について解析した. 次に, 耐氷船の船速と海氷厚の比較し, 厚さによる船速変化について考察した.

## 2. 使用データ

### 2.1 衛星観測による氷況データ

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が 2012 年に打ち上げた水循環変動観測衛星しずくには, 高性能マイクロ波放射計 AMSR2 が搭載されている. AMSR2 は, 地球上から放射される 6, 7, 10, 18, 23, 36, 89GHz の 7 つの周波数帯の輝度温度を観測している. 観測された輝度温度は水に関する様々な地球物理量に変換することが可能であり<sup>5)</sup>, 本研究では輝度温度から算出可能である海氷密接度と海氷厚を海氷情報として使用した.

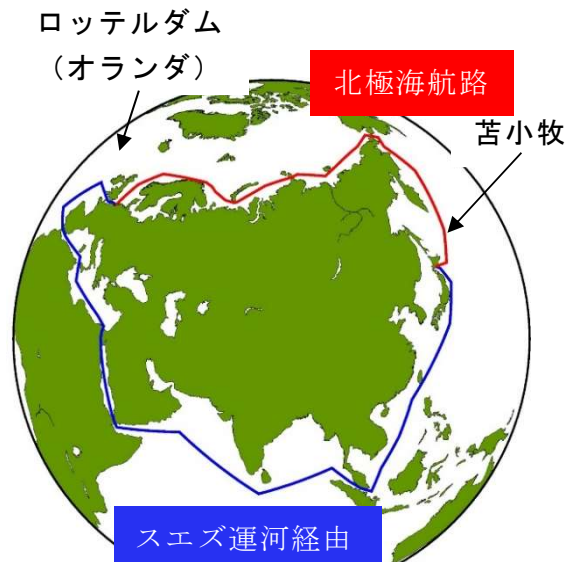


図1 北極海航路 (赤線) とスエズ運河経由の航路 (青線)

海氷密接度は AMSR2 によって観測された輝度温度データをもとに JAXA によって計算されたデータを使用した。海氷厚は、AMSR2 輝度温度データから、Krishfield らによって提案された推定式<sup>9)</sup>を用いて算出した。

## 2.2 AIS による実船データ

自動で航行中の船舶位置情報などを送信する AIS が 2002 年の SOLAS 条約の改正により多くの船舶に搭載が義務付けられたため、AIS を搭載した北極海航路を航行する実船情報を入手できるようになった。本研究では、東洋信号通信社の管理する AIS 情報提供サイト Shipfinder.com より入手した位置、船速データを使用した。

北極海航路を航行する船舶のほとんどは、砕氷船か耐氷船に区別することができる。砕氷船は、厚い海氷が存在する海域でも航行可能である。一方で、耐氷船は薄い海氷のみ航行可能であり、航行可能な海氷厚に応じたアイスクラス（船舶の海氷に対する強さ）が設定されている。耐氷船の氷海航行には、単独航行する場合と、砕氷船にエスコートされる場合がある。砕氷船によるエスコートの有無は、Shipfinder.com より直接的に知ることはできないが、双方のデータを見比べることで判断が可能である。

本研究では、北極海航路を実用的に利用している一般貨物船、タンカー、バルカーを解析対象とした。さらに、載貨重量トン数（貨物や燃料を含む船舶の最大積載量）を 5,000 トン以上とし、アイスクラスは 1 m 以内の薄い海氷域を航行可能なクラス (Arc4, Arc5) に限定した。また、Shipfinder.com で公開されているデータは 1 か月前までであるため、解析を開始した 2014 年以降のデータを使用した。解析期間は北極海航路の利用が活発化する 6 月～11 月とし、東経 20 度～54 度をバレンツ海、54 度～103 度をカラ海、103 度～140 度をラプテフ海、140 度～180 度を東シベリア海として海域別に解析を行った。解析期間内に各海域を航行した解析対象条件を満たす船舶の数を表 1 に示す。

表 1 解析期間内に北極海航路を航行した海域別船舶数（隻）

		海域	一般貨物船	タンカー	バルカー
北極海航路 に侵入した 貨物船	2014	バレンツ海	4	8	10
		カラ海	4	8	10
		ラプテフ海	10	4	5
		東シベリア海	10	2	0
	2015	バレンツ海	27	9	14
		カラ海	28	10	12
		ラプテフ海	12	5	1
		東シベリア海	13	3	0
海氷域に 侵入した 貨物船	2014	バレンツ海	1	0	2
		カラ海	2	4	6
		ラプテフ海	2	4	5
		東シベリア海	2	2	0
	2015	バレンツ海	3	0	1
		カラ海	20	5	9
		ラプテフ海	7	3	0
		東シベリア海	6	2	0

### 3. 解析結果

図2は、解析対象船舶が2014年、2015年6月～11月に北極海航路の氷海航行時の海水氷接度と海水氷厚、船速を示す。

バレンツ海において、この2年間を通じて船舶が海水氷域を航行したのはフランツヨーゼフ諸島周辺のみである。海水氷厚も1m以内であり、他の海と比較すると薄い傾向にあった。2015年には、貨物船が夏期に砕氷船の支援を受けずに北極海航路を単独航行する事例が認められた。

カラ海では、多くの船舶が氷況の影響を受けていた。特に、ノバヤゼムリヤ島のジェラーニエ岬からヤマル半島にかけては、厚い海水氷が残り、船舶は6kn以下まで減速した。ただし、この海域は砕氷船のエスコートを多く受ける海域であるため、砕氷船待機により減速する船舶、砕氷船のエスコートを受けて10kn程度で航行する船舶が混在する。

ラプテフ海では、厚さ2m級の海水氷が存在し、2年とも厳しい氷況であった。しかし、砕氷船のエスコートを受け、10kn～12knで航行する場合も多く見られた。

東シベリア海では、ノヴォシビルスク諸島の北側を通るチホノフ・ルート、ドミトリー・ラプテフ海峡やサニコフ海峡を航行する航路がある。2年とも、チホノフ・ルートを航行した場合には6kn程度まで大きく減速し、各海峡を航行した場合には10kn～15knで航行している。

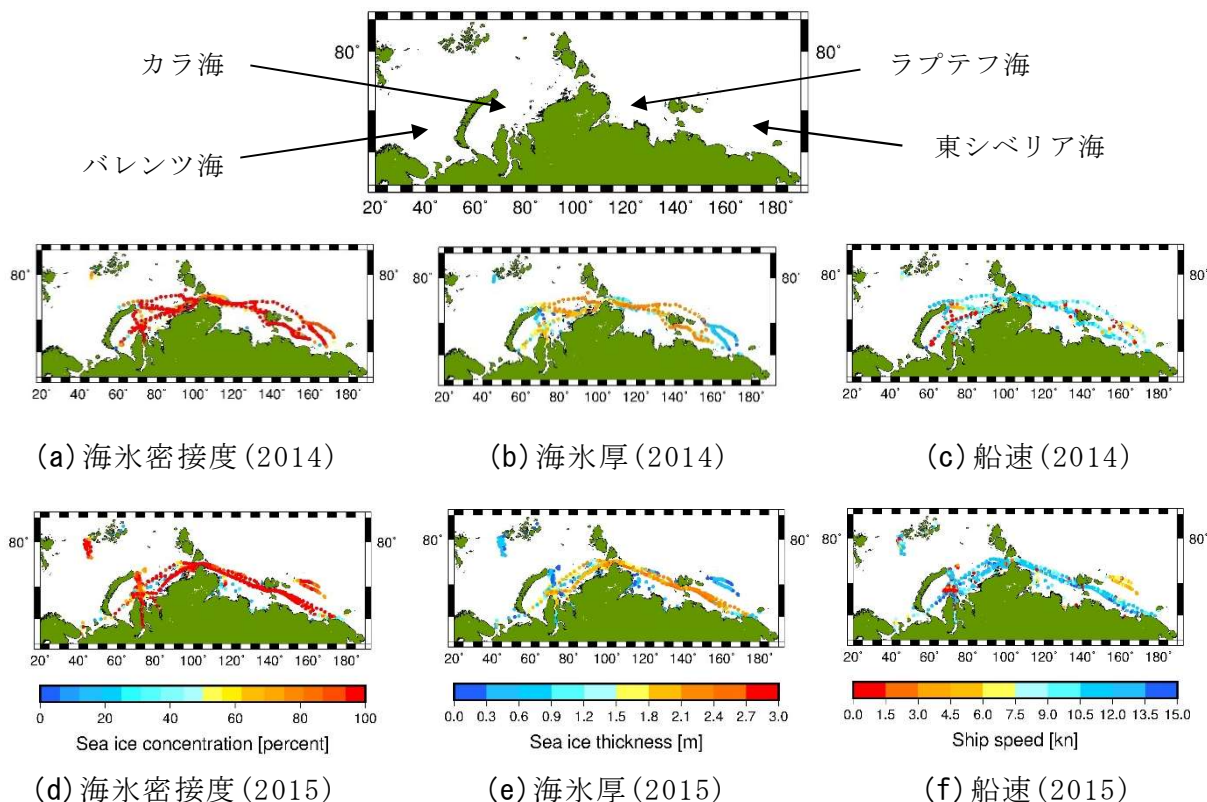


図2 解析対象船舶が北極海航路の氷海航行時の氷況と船速 (2014年、2015年6月～11月)。2014年の(a)海水氷接度、(b)海水氷厚、(c)船速。2015年の(d)海水氷接度、(e)海水氷厚、(f)船速

#### 4. 考察と今後の課題

砕氷船のエスコートを全く受けていないバレンツ海のデータを使用し、船速と氷況の関係性を調べた(図3)。図3(a)に示す通り、船速は海水密接度との間では弱い相関があることが分かった。海水密接度が高くなると、航行時の海水による抵抗は増大すると考えられるが、アイスクラスを有する船舶が薄氷域を航行する場合、容易に航行が可能であるため、相関が低くなったと考えられる。図3(b)は、海水厚と船速の関係性を示す。海水の厚さが増すと砕氷抵抗や海水を押しよけるための抵抗が増大し、船速が下がることから、やや強い相関があると考えられる。また、海水厚0.5m以上の場合、船速の変動が大きいことがわかった。本研究では、大型砕氷船の実船データと見比べて解析を行ったが、小型砕氷船の航海情報まで把握していない。したがって、小型砕氷船によるエスコートを受けて船速が変化している可能性も考えられる。さらに、解析期間中はメルトポンド(海水表面の融解水)が発生するが、本研究では考慮していない。今後は、冬期の解析も行い、氷況と船速の関係性を調査する必要がある。

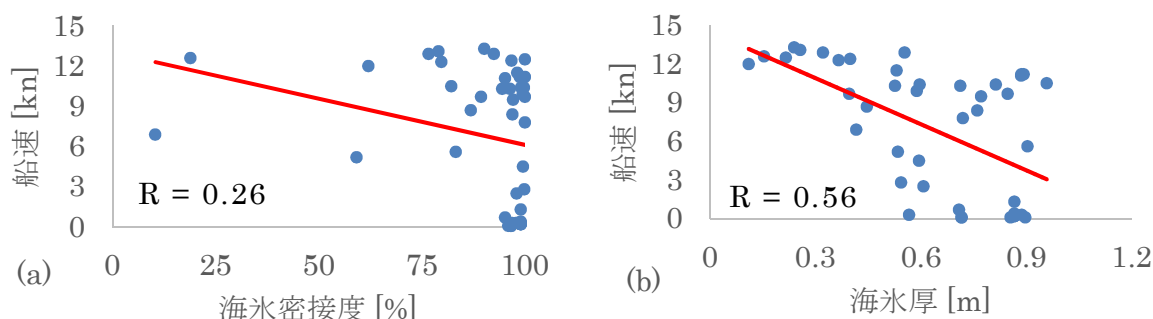


図3 バレンツ海を航行した船舶の速度と氷況の関係。(a)海水密接度, (b)海水厚

#### 【参考文献】

- 1) 気象庁, 2015: 海水域面積の長期変化傾向(北極域), [http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a\\_1/series\\_arctic/series\\_arctic.html](http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/series_arctic/series_arctic.html)
- 2) 北海道建設部空港港湾局物流港湾課, 2013: 北極海航路可能性調査事業委託業務報告書, [http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/bkk/99\\_zenbun.pdf](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/bkk/99_zenbun.pdf)
- 3) Chris Petrich, Irina Sæther, 2015: COMMON SOLUTIONS AND CHALLENGES TO THE TRAVERSE OF SEA ICE BY SHIPS, Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, Trondheim, Norway, June 14-18, 2015
- 4) 森下裕士, 館山一孝, 大塚夏彦, 2015: 北極海航路の氷況と可航性に関する研究, 北海道の雪氷, 34, 43-46
- 5) JAXA, 2016: GCOM-W1 水環境変動観測衛星「AMSR2を知る」, [http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM\\_W/w\\_amsr2/whats\\_amsr2\\_j.html](http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_W/w_amsr2/whats_amsr2_j.html)
- 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