

北極海航路の氷況と可航性に関する研究

Study on Navigability and Ice Condition of 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（北日本港湾コンサルタント）

Hiroshi Morishita, Kazutaka Tateyama, Natsuhiko Otsuka

1. はじめに

地球温暖化に伴って北極海の夏期海氷面積は減少傾向を示しており¹⁾，北極海航路を航行する船舶数が年々増加し，実用化への期待が高まっている．北極海航路の最大の利点は，アジアとヨーロッパの航行距離を最大で40%削減できることにある²⁾（図1）．さらに，北極海に面するロシア沿岸部には豊富な天然資源が存在し，北極海航路を利用することで世界への流通が可能となる．しかしながら，一般的な輸送船が北極海航路を利用できる期間は6月から10月に限られ，さらに融け残った航路上の海氷の影響を受けている．

本研究では，夏期に北極海航路を航行した実船データと衛星観測から得られた氷況データを比較し，氷況と可航性について調査した．最終的に衛星データから得られた氷況をもとに日平均船速を予測し航海日数を推定する手法の確立を目標としている．

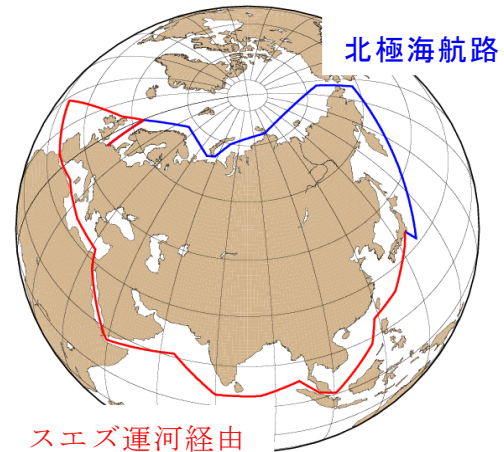


図1 北極海航路（青）と従来の貿易航路（スエズ運河経由、赤）

2. 使用データ

2. 1 衛星氷況データ

氷況データとして，衛星搭載マイクロ波放射計 AMSR2 によって観測された情報を使用した．AMSR2 は，JAXA（宇宙航空研究開発機構）によって打ち上げられた人工衛星 GCOM-W1（水循環変動観測衛星）に搭載されており，空間分解能が $10 \times 10 \text{ km}^2$ である．6, 7, 10, 18, 23, 36, 89GHz の7つの周波数帯で地表や海面から放射されるマイクロ波を観測している．

本研究では，海氷密接度（開放水面に対し海氷に覆われている海面の占める割合）と海氷厚の2種類を氷況データとして使用した．海氷密接度は JAXA によって算出されたデータを使用し，JAXA の情報提供サービスより取得した．海氷厚は，推定式³⁾を用いて AMSR2 の輝度温度から計算した．夏期に海氷が融解して現れるメルトポンド（海氷表面の水溜り）が20%を超える場合，推定氷厚に大きな誤差が生じることから，メルトポンドが20%以下の場合のみ氷厚計算を行った．

2. 2 実船データ

2002年に，海上における人命の安全のための国際条約である SOLAS 条約が改正され，国際航海に従事する積載重量300トン以上の船舶には AIS（船舶自動識別装置）

の搭載が義務付けられた⁴⁾。本研究では実船データとして、*SHIP FINDER* という情報提供サービスを通じて北極海航路を航行した船舶の AIS から送信された船位および船速のデータを使用した。*SHIP FINDER* では過去の実船データは蓄積されておらず、4~6 時間で更新されるため過去に遡ってデータを取得することができない。そのため、解析を開始した 2014 年夏期のみデータを使用した。

夏期の北極海航路における海氷融解に伴い、9 月の航行は海氷の影響が小さい。従って本研究では 6~8 月、10 月のデータ解析を行った。さらに、北極海航路の実用化を目的としているため、積載重量一万トン以上の大型貨物船を解析対象とした。以上の条件に該当する船舶は全部で 22 隻であったが、データに欠損がない 19 隻について解析を行った。

19 隻の 2014 年夏期の航跡を図 2、仕様および隻数を表 1 に示す。図 2 の黄色の枠内は天然ガスや石油などの天然資源が豊富な地域であり、船舶の航行が集中していることがわかる。表 1 に示している氷海船級とは、海氷に対する船舶の強度を示したものであり、表の左から右に向かって強度が高くなる。2014 年夏期は主に氷海船級が中程度で、サイズが比較的小さい船舶が航行していたことが分かった。

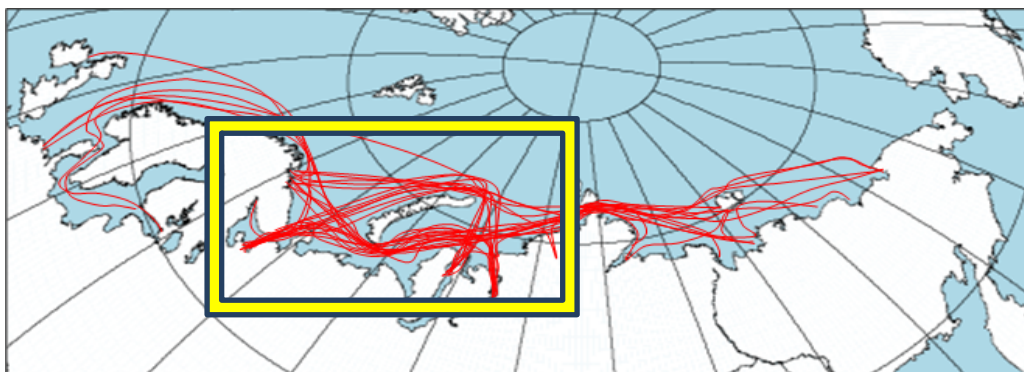


図 2 本研究で解析した 19 隻の航跡 (2014 年 7 月~9 月)

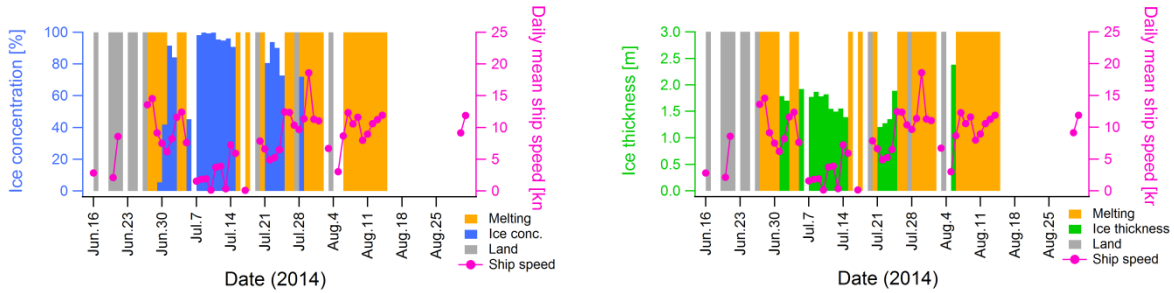
表 1 解析を行った 19 隻の貨物船の仕様. 括弧内の数字は貨物船の隻数

氷海船級 (隻数)	1B (-)	PC7 (8)	PC6 (5)	PC5 (-)	PC4 (6)	PC3 (-)
積載重量トン (隻数)	10,000 ~ 20,000 (8)		20,000 ~ 40,000 (10)		40,000 ~ (1)	
種類 (隻数)	バルカー (6)		一般貨物船 (7)		タンカー (6)	

3. 解析結果

最初に、各船舶が北極海航路を航行した際の氷況に対する船速の変化を調べた。図 2 は、解析を行った 19 隻の中から代表的なある 1 隻の日平均船速 (ピンク色折れ線グラフ) と氷況の日変化を示したものであり、(a)は海氷密接度 (青色棒グラフ)、(b)は海氷厚 (緑色棒グラフ) の変化を示している。橙色の棒グラフは海氷の融解により表面に水溜りが生成された海域を示す。灰色のバーは船舶が陸地の近くを航行していたことで衛星データが得られなかった海域を示す。折れ線は、日平均船速を示しており右軸に対応している。氷況と日平均船速を比較した結果、海氷密接度が高く、海氷厚の

厚い海域では、船速が減少する傾向にあった。ただし、氷況に関係なく減速するケースも見られた。それらは、船舶が目的地に近づくにつれて減速した場合や、砕氷船による援助を待っていた場合、衛星の空間分解能では観測が困難な局所的な海氷が航路を遮った場合が考えられる。

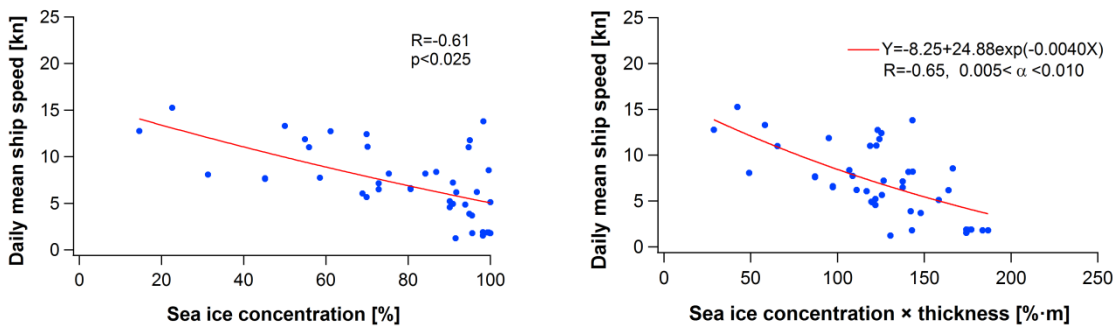


(a) 海氷密度と日平均船速

(b) 海氷厚と日平均船速

図2 ある船舶が航行した際の氷況と日平均船速の変化

次に、全 19 隻分について図 2 と同様に氷況と日平均船速の関係を調査した (図 3)。図 3(a)では、海氷密度を横軸、日平均船速を縦軸にとっており、両者の関係を散布図に示したものである。航行時の海氷の影響に着目するため、港付近にて減速しているデータおよび停泊中のデータは省略している。図 3 (a)より、海氷密度と船速には負の相関関係があることがわかった。図 3(b)ではさらに(a)に海氷厚のデータを加えて考慮したものである。横軸には、海氷密度に海氷厚をかけた値としている。図 3 (b)より、海氷厚を考慮することでより負の相関が強まり、有意性も高まった。さらに、図 4 は図 3(b)の氷況と船速変化を氷海船級ごとに表示したものである。PC4 は平均速度が大きい傾向がみられるが、PC6 と PC7 では両者の特徴を判別することは困難であった。



(a) 海氷密度による日平均船速変化

(b) 氷況による日平均船速変化

図3 全 19 隻の氷況による日平均船速変化

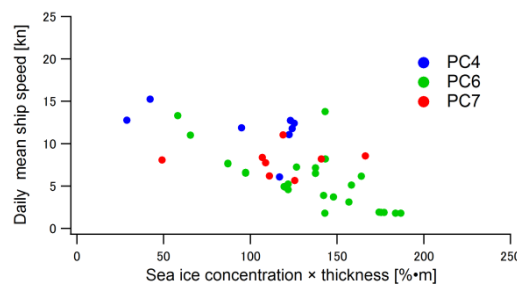


図4 氷海船級ごとにみた氷況による日平均船速変化

次式は、図 3(b)から得られた氷況 X と日平均船速 Y との関係式である。

$$Y = -8.25 + 24.88\exp(-0.0040X) \dots (1)$$

(1)式を用いて、ある船舶の日平均船速の推定値を氷況から算出し、実際の日平均船速を比較した結果を図 5 に示す。横軸が日付、縦軸は日平均船速を示している。また、全 19 隻のデータの内、日付の重複するものが見られたが、実船データと計算値の差を可視化するため、図を分割した。点は実船データ、棒グラフは計算値を示す。また、全 19 隻の解析結果の内、平均二乗誤差は 2.93kn (ノット) であり、計算値が過大評価しているケースが多く見られた。

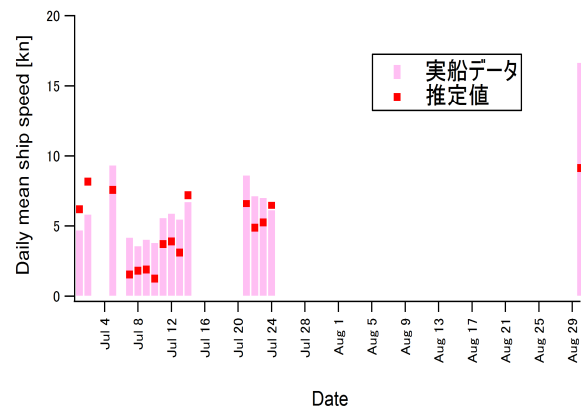


図 5 ある船舶の実船データと計算値の日平均船速比較

4. 考察

日平均船速の推定値が実際よりも過大評価する場合は、衛星では感知不能であった氷盤の影響を受けたことが考えられる。また、船速が過小評価される場合は、海水密接度が高く、海水厚が薄い海域を航行したことが挙げられる。本研究では、海水密接度の値と海水厚の値をかけた値を氷況としたため、海水密接度が高く海水厚が薄い海域、海水密接度が低く海水厚が厚い海域が区別できなかったことが考えられる。今後は、海水密接度と海水厚に重みを付けることでより細かく氷況を区別する必要がある。

【参考文献】

- 1) JAXA (2012): 北極海海氷の観測データ解析結果について～北極海海氷の面積 観測史上最小記録更新～, http://www.jaxa.jp/press/2012/09/20120920_arctic_sea_j.html
- 2) NHK(2014): 解説委員室 解説アーカイブス～視点・論点「現実となる北極海航路」～, <http://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/400/195160.html>
- 3) R. A. Krishfield(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*, 1271-1305
- 4) 海上保安本部(2015):AIS をもっと活用しよう, <http://www.kaiho.mlit.go.jp/10kanku/ais-kagoshima/gimusen.html>