

東南極リュツォ・ホルム湾におけるラミング回数と氷況との比較

Relationship between ramming frequency and sea ice condition in Lützow-Holm Bay, East Antarctica

村岡 翔太郎¹, 舘山 一孝²

Shotaro Muraoka¹, Kazutaka Tateyama²

Corresponding author: m3245200303@std.kitami-it.ac.jp (S. Muraoka)

Although the Antarctic research vessel “Shirase” is one of the world's strongest icebreakers, she has been often blocked by thick ice in Lützow-Holm Bay on way to Syowa Station, therefore she uses an ice breaking method known as ramming. The frequency of ramming varies with fluctuations in sea ice conditions. In-situ observations using an electromagnetic induction (EM) ice thickness profiler has recorded the total thickness of snow and sea ice nondestructively since 2000. In-situ total ice thickness and satellite-based sea ice extent data indicate a correlation between the frequency of ramming and sea ice conditions.

1. はじめに

日本の南極観測の歴史は、1956年11月に観測船「宗谷」に乗船した最初の南極地域観測隊（JARE, Japanese Antarctic Research Expedition）が派遣されて以降、現在に至るまで65年以上続いている。南極における観測活動を継続するために必要な人員と物資を確実に基地へ届ける輸送業務が最重要任務とされており、1965年～1983年の砕氷艦「ふじ」、1983年～2008年の砕氷艦「しらせ」、2009年以降の「しらせ（2代目）」（図1）が南極観測の活動支援の基盤を担ってきた。

世界最高クラスの砕氷能力を持つしらせ（2代目）であっても、2012年と2013年は二年連続で厚い氷に阻まれ、昭和基地への接岸を断念した。



図1 南極観測船しらせ（2023年9月2日、十勝港で撮影）

このような背景から、南極観測を安定して継続するためには昭和基地周辺のリュツォ・ホルム湾（図2）の氷況を把握し適切な航路を選択することが重要であると言える。また、しらせは氷況に応じて連続砕氷航行を行い、厚い多年氷や変形氷が存在する氷海域を航行する場合、ラミングと呼ばれる断続砕氷航行を行う²⁾。通常の船速では進めない氷況において、ラミングは船を一度後退させたのち、全速前進して氷に乗り上げ船の重さで氷を砕き進んでいく砕氷方法である。また、ラ

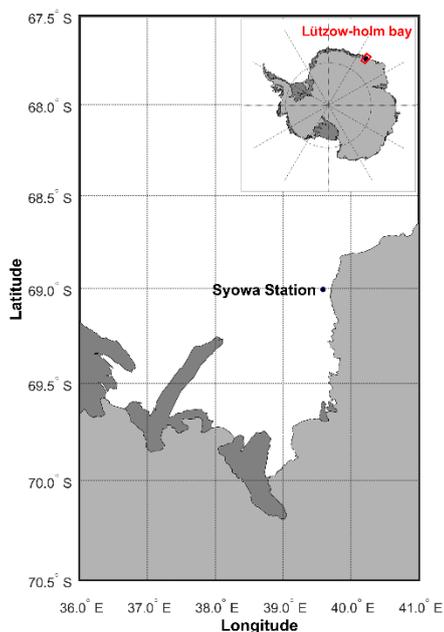


図2 リュツォ・ホルム湾の地図

¹北見工業大学大学院 工学専攻
²北見工業大学 地球環境工学科

Graduate School of Engineering, Kitami Institute of Technology
School of Earth, Energy and Environmental Engineering, Kitami Institute of Technology

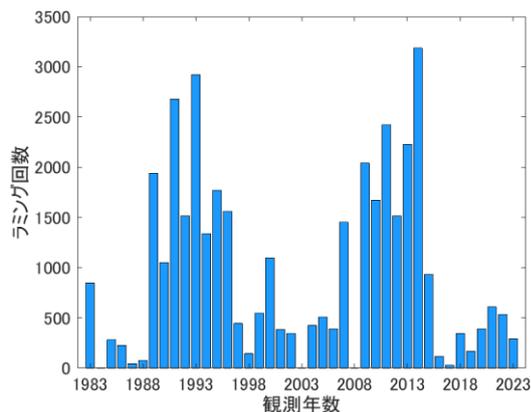


図3 ラミング回数の変遷 (往路)

ミング回数は氷況に関係し、図3に示すように周期性が見られる³⁾。

本研究は南極観測における航行支援を目的とし、氷況のどの要素がラミング回数に影響を与えるのかを明らかにし、衛星データからラミング回数の少ないルートを特定することを目指している。

2. 使用データ

リュツォ・ホルム湾における海水厚の現場観測データとして、船舶搭載型電磁誘導式氷厚計 (SEM: Shipborne Electro-Magnetic induction device)⁴⁾によって測定された全氷厚 (海水厚+積雪深) データを用いた。

海氷面積のデータは、G-COM衛星搭載の高性能マイクロ波放射計 AMSR2によって観測された空間分解能 10 km の海氷密度データから計算した⁵⁾。

本研究の解析期間は2012年12月、2013年12月、2017年12月、2018年12月、2021年12月、2022年12月であり、解析範囲は南緯 65-70 度、東経 35-45 度のリュツォ・ホルム湾周辺である。

3. 結果

3. 1 全氷厚の解析結果

図4に2012年から2022年までのSEMによって測定された全氷厚の測定結果を示す。2012年と2013年は図3からラミング回数が非常に多かったことがわかる。全氷厚は例年よりも厚く、2012年は南緯 68.50-68.78 度の流氷域で平均 1.88 m、南緯 68.78-68.93 度の定着氷域で平均 3.16 m を示した。2013年は南緯 67.90-68.43 度の流氷域で平均 3.90 m、南緯 68.43-69.00 度の定着氷域で

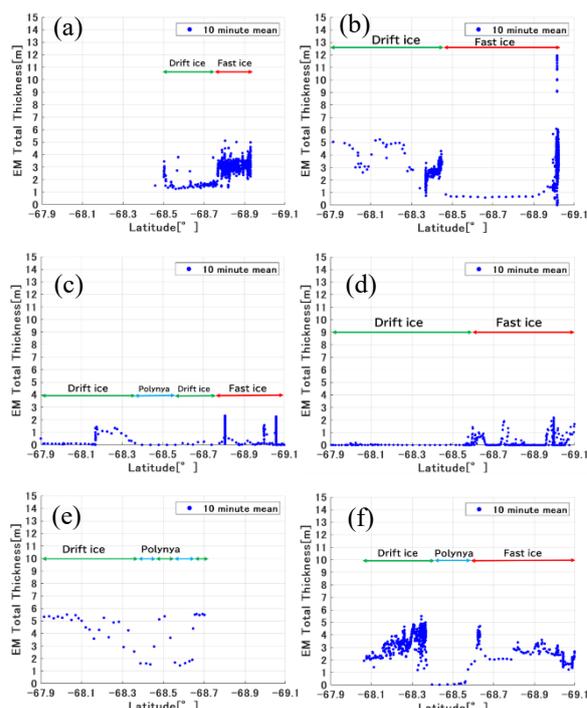


図4 SEM全氷厚と海氷分布

緑矢印：流氷域、青矢印：ポリニア、赤矢印：定着氷域、(a) 2012 年、(b) 2013 年、(c) 2017 年、(d) 2018 年、(e) 2021 年、(f) 2022 年

平均 3.83 m であった。2017 年と 2018 年は図 3 よりラミング回数が非常に少ない年であったことがわかる。2017 年は南緯 67.90-68.80 度の流氷域で平均 0.76 m、南緯 68.80-69.10 度の定着氷域で平均 1.78 m と例年よりも薄い海氷に覆われており、2018 年は南緯 67.90-68.60 度の流氷域で平均 0.41 m、南緯 68.60-69.10 度の定着氷域で平均 0.72 m とさらに薄くなっていた。2021 年以降は流氷域の全氷厚が厚い特徴がみられ、2021 年では、南緯 67.90-68.70 度の流氷域で平均 3.13 m であった。定着氷域に突入する前に SEM が海氷に接触して故障したため、流氷域までの観測結果のみを示す。2022 年は南緯 67.98-68.60 度の流氷帯で平均 3.73 m、南緯 68.60-69.10 度の定着氷域で平均 2.72 m であった。

3. 2 過去 10 年の変動

過去 10 年の解析結果より、全氷厚の特徴を 3 つに分けることができる。2012、2013 年は定着氷が厚く、海氷同士がぶつかり合い 10 m を超える定着氷内に乱氷帯が発生している年もあった。2017、2018 年は流氷域、定着氷域ともに全氷厚が薄い傾向がみられた。2021、2022 年は流氷域で全

氷厚が厚くなる傾向がみられた。

3. 3 リュツオ・ホルム湾の海水面積

リュツオ・ホルム湾における海水面積を図5に示す。海水面積は AMSR2 の海水氷接度が 0% より大きいピクセルに空間分解能(10km×10km)をかけて海水面積 (km²) として計算した。海水面積の計算範囲は図5に示したリュツオ・ホルム湾全域のであり、海水面積の算出期間は、SEM による現場観測を開始した時期から終了した期間の平均をとった海水面積を使用している。また、図5に示した線はしらせの航跡を示しており、緑色の線が流氷域、赤色の線が定着氷域を進んだときの航跡である。海水面積を計算した結果を表1に示す。

4. 考察

4. 1 全氷厚と海水面積の相関

リュツオ・ホルム湾の流氷域と定着氷域における氷況と海水面積の相関を図6に示す。流氷域の

表1 リュツオ・ホルム湾における海水面積

年	海水面積
2012	7.8 万 km ²
2013	15.0 万 km ²
2017	17.2 万 km ²
2018	12.5 万 km ²
2021	14.5 万 km ²
2022	6.8 万 km ²

全氷厚と定着氷域の全氷厚では相関係数が 0.83、流氷域の全氷厚と海水面積では相関係数が-0.25と、全氷厚同士では強い正の相関が見られたが流氷域の全氷厚と海水面積では弱い負の相関がみられた。また、定着氷域の全氷厚と海水面積では相関係数が-0.50と負の相関がみられた。全氷厚に関しては流氷域の全氷厚が厚いほど定着氷域の全氷厚が厚くなる傾向がみられた。また、全氷厚と海水面積について流氷域と定着氷域で負の相関がみられ、全氷厚が厚いほど海水面積は小さ

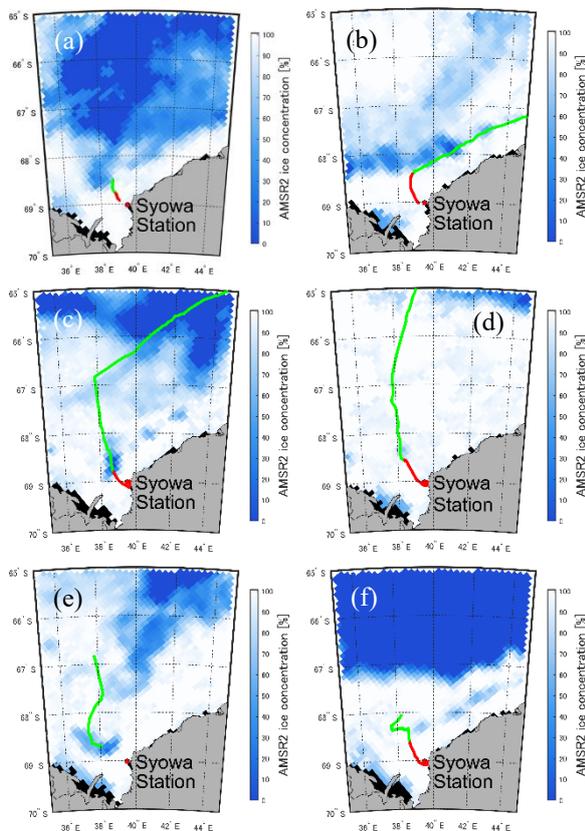


図5 しらせの航跡と AMSR2 海水氷接度分布。
 緑線：流氷域、赤線：定着氷域
 (a) 2012年, (b) 2013年, (c) 2017年
 (d) 2018年, (e) 2021年, (f) 2022年

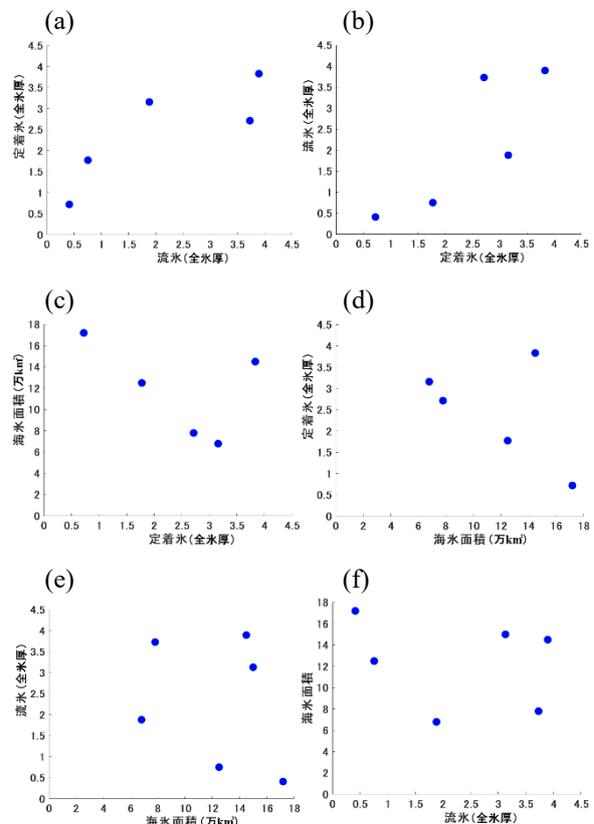


図6 全氷厚と海水面積の相関
 (a), (b)：流氷の全氷厚と定着氷の全氷厚
 (c), (d)：定着氷の全氷厚と海水面積
 (e), (f)：流氷の全氷厚と海水面積

くなる傾向がみられた。

4. 2 氷況とラミング回数の相関

リュツォ・ホルム湾における全氷厚、海氷面積とラミング回数の相関を図7に示す。流氷域の全氷厚とラミング回数では相関係数が0.56, 定着氷域の全氷厚とラミング回数では相関係数が0.84とどちらも正の相関がみられ、特に定着氷の全氷厚とラミング回数が最も高い相関であった。流氷域と定着氷域で相関に差が出た理由として、流氷域では全海氷が厚くても海氷密接度が小さい場合があり、常にラミングする状態ではないということ、定着氷域では乱氷帯の存在の影響を受けていることが考えられる。海氷面積とラミング回数では相関係数が-0.15となり、相関があるとはいえない結果となった。若干負の相関がみられた理由として、定着氷の流出⁶⁾により流氷面積が大きくなり、それに伴い定着氷の面積が減り、ラミング回数が少なくなったことが考えられる。

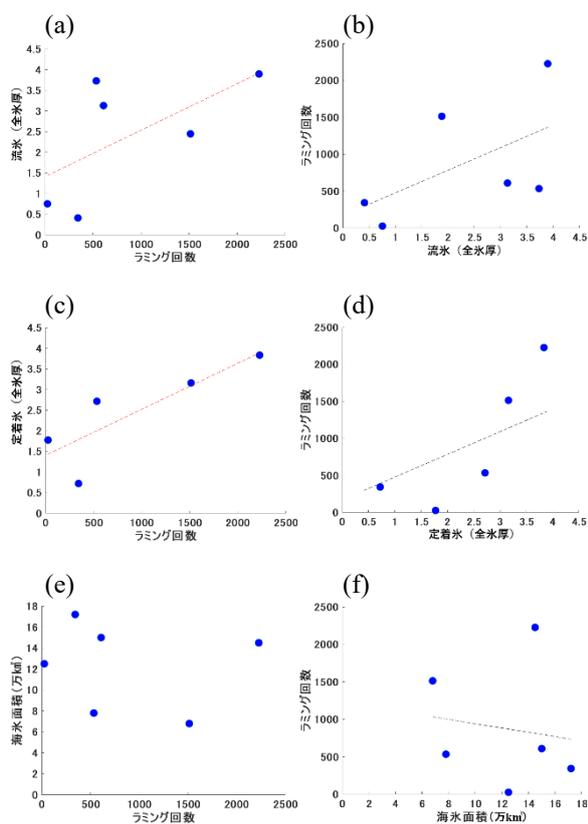


図7 全氷厚、海氷面積とラミング回数の関係
(a), (b) : 流氷の全氷厚とラミング回数
(c), (d) : 定着氷の全氷厚とラミング回数
(e), (f) : 海氷面積とラミング回数

5. まとめ

本研究では、リュツォ・ホルム湾における氷況のどの要素がラミングに影響を与えるのかを明らかにするため全氷厚、海氷面積、ラミング回数の比較を行った。ラミング回数と全氷厚については正の相関がみられたが、ラミング回数と海氷面積については相関がみられなかった。そのため、ラミング回数に最も影響を与える氷況の要素は全氷厚であることが分かった。今後の課題として、ラミングを実施した座標を記録し、より正確に氷況との関係を抽出することが必要である。

【参考文献】

- 1) 星野聖太, 舘山一孝, 田村岳史, 牛尾収輝, 2015: 南極海における衛星データを用いた海氷厚推定アルゴリズムの開発, 雪氷研究大会講演要旨集 (2015・松本).
- 2) 牛尾収輝, 宇都正太郎, 泉山耕, 下田春人, 鮎川勝, 2004: 「しらせ」砕氷航行データが示す南極リュツォ・ホルム湾定着氷の年々変化, 極地研刊行誌, **48**, 180-190.
- 3) 茂原清二, 2010: 砕氷艦の運用-昭和基地沖の氷海における砕氷航行, 日本マリンエンジニアリング学会, **45**, 186-191.
- 4) 宇都正太郎, 下田春人, 泉山耕, 牛尾収輝, 青木茂, 橋田元, 若林裕之, 西尾文彦, 2004: 船上観測データに基づく南極リュツォ・ホルム湾定着氷の夏季における氷厚及び積雪深分布特性について, 極地研刊行誌, **48**, 165-179.
- 5) JAXA 宇宙航空開発機構
URL: https://www.eorc.jaxa.jp/AMSR/learning/index_ja (2024年7月1日閲覧)
- 6) 牛尾収輝, 2015: 多雪域の多年氷の成長限界に起因する定着氷の準周期的崩壊, 雪氷研究大会講演要旨集 (2015・松本).