

AMSR-E データを用いた南極海の薄氷厚の推定と定着氷の検出

二橋 創平¹、大島 慶一郎²

¹ 苫小牧工業高等専門学校 機械工学科

² 北海道大学 低温科学研究所

Thin ice thickness estimation and fast ice detection in the Antarctic Ocean using AMSR-E data

Sohey Nihashi¹ and Kay I. Ohshima²

¹ Department of Mechanical Engineering, Tomakomai National College of Technology

² Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

In coastal polynyas, large amounts of heat flux from the ocean to the atmosphere occur, and sea ice is formed actively. Dense water formed in Antarctic coastal polynyas with the intense sea-ice production is a major source of Antarctic Bottom Water, which is a key player in the global climate system. To estimate the amount of sea-ice production in coastal polynyas quantitatively, a thin ice thickness estimation algorithm for AMSR-E is developed based on a relationship between polarization ratios (*PR*) of brightness temperatures (TBs) and ice thickness. In the Antarctic Ocean, landfast sea ice is formed along the coast. Antarctic coastal polynyas tend to be formed adjacent to fast ice. The AMSR-E ice thickness algorithm possibly mis-classifies fast ice as thin ice, because the *PR* values of thin ice and fast ice are similar. Therefore, a fast ice detection algorithm is also developed, based on a relationship between the horizontally- and vertically-polarized TBs. The spatial resolution of AMSR-E is about 6.25 km, and the pixel density is four times higher than that of SSM/I which has been used in previous studies. This advantage is critical for the coincident detection and monitoring of coastal polynyas and fast ice because their areal extent is fairly small (tens to a hundred kms at most). Sea-ice production is estimated based on heat flux calculation using the created AMSR-E dataset. The AMSR-E can better resolve the high production area close to the coast. The AMSR-E dataset presented in this study would give the boundary/validation data of sea-ice production and fast ice for modeling studies.

1. はじめに

南極の沿岸ポリニヤでは、盛んに海水が生産され、膨大な量の低温で高塩のブラインが排出される。このブラインにより形成される重い水は南極底層水の起源水であり、南極底層水は世界で一番重い水として世界中の深・底層に広がっていく。南極の沿岸ポリニヤでの海水生産量や高密度水生成量を定量的に見積もることは、気候システムだけでなく、大気海洋間の物質循環や、それらの変動を理解する上で重要である。南極海の沿岸域には定着氷も形成される。定着氷は岸や座礁氷山等に定着して形成される海水域である。岸から海に突き出た定着氷（や氷河）は、海水の移流を妨げるので、沿岸ポリニヤ形成に重要な役割を果たしていることがいくつかのポリニヤ域で示唆されている (Massom et al., 2001 等)。Tamura et al. (2007) は、マイクロ波放射計 SSM/I による輝度温度データから、沿岸ポリニヤ(薄氷)域を検出し、そこでの氷厚を推定するアルゴリズムと定着氷域を検出するアルゴリズムを南極海で開発した。2002 年に SSM/I と同様なマイクロ波放射計 AMSR-E を搭載した人工衛星 Aqua が打ち上げられた (2011 年に観測が終了)。AMSR-E の最大の特徴は、その空間分解能の良さである (89 GHz で約 6 km で SSM/I の倍)。沿岸ポリニヤならびに定着氷は、大きいものでも岸からの幅が 100 km 程度と、比較的空間スケールの小さい現象であるので、より空間分解能のいいデータの使用は、沿岸ポリニヤと定着氷の検出とモニタリングに大変有利になる。本研究では、Tamura et al. (2007) による SSM/I 用のアルゴリズムを参考にし、AMSR-E データ用の薄氷厚推定ならびに定着氷検出アルゴリズムを開発した。

2. 方法・結果

薄氷厚アルゴリズムの開発は、AMSR-E の 89 GHz ならびに 36.5 GHz チャンネルにおける垂直と水平偏波の輝度温度データの偏波比と、晴れた日の MODIS による赤外線画像を用いた熱収支計算から

見積もられる氷厚との比較から行つた。本研究では南極底層水の主な生成域である、ロス海、ウェッデル海、ケープダンレーの各沿岸ポリニヤ域で得られた、合計 60 シーンの MODIS 画像を用いた。AMSR-E の 89 GHz の偏波比 (PR_{89}) と MODIS 氷厚 (h_i) の分散図 ($PR_{89}-h_i$ plot) を図 1 に示す。 PR_{89} は h_i と負の相関関係を示した。この関係に地域毎の大きな違いは見られなかった。AMSR-E の 36.5 GHz チャンネルデータを用いた $PR_{36}-h_i$ plot も同様な関係を示した。本研究では $PR-h_i$ plot に fit する曲線を求め、得られた関係式から日毎の氷厚を求めた。定着氷域における PR の値は、薄氷のものと似ているので、AMSR-E 薄氷厚アルゴリズムは定着氷を薄氷と誤って検出してしまう可能性がある。そこで定着氷アルゴリズムの開発を、AMSR-E の 89 GHz における垂直と水平偏波の輝度温度を用いて、定着氷の輝度温度は薄氷のものより低く岸近くの氷床や棚氷ものと似ているという特性から行つた。

ケープダンレーポリニヤ域の薄氷厚ならびに定着氷の分布の例を図 2a に、同じ日の SAR による高解像度の画像を図 2b に示す。図 2 から、薄氷域と定着氷域が両者一致し、AMSR-E アルゴリズムが沿岸ポリニヤと定着氷をよく再現できることが示される。他の日や海域も同様な結果を示した。これらの AMSR-E による海水データを用いた熱収支計算から見積もられた海水生産量は、SSM/I を用いたものに比べ、より詳細な空間分布を再現できることが示された。各ポリニヤ域における年間の海水生産量は、AMSR-E と SSM/I を用いたもの、どちらも似たような値を示した。従って、長期間の海水生産量ならびに高密度水生成量の変動を調べるためには、20 年以上のデータの蓄積がある SSM/I データの使用が不可欠であるといえる。一方、AMSR-E によるデータは、8 年程度しかデータの蓄積がないが、沿岸ポリニヤ定着氷をよりよく再現することができるので、現場観測結果との比較や、モデルのインプットデータに適切である。今後は、AMSR-E の後継センサーである AMSR2 のデータを用いて同様なアルゴリズムの開発を行う予定である。

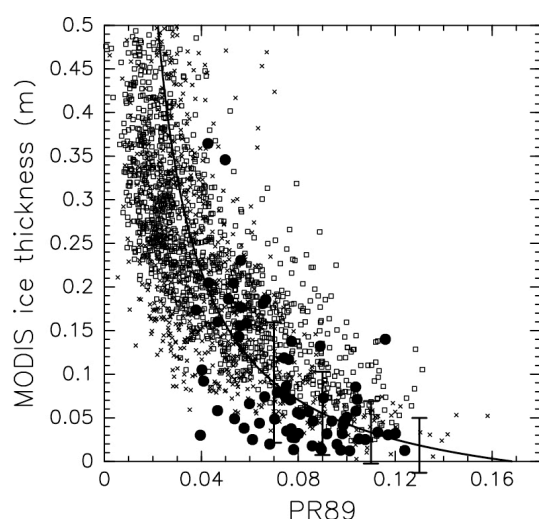


図1 AMSR-E の 89GHz の偏波比 (PR_{89}) と MODIS 氷厚 (h_i) との分散図 ($PR_{89}-h_i$ plot)。□はロス海、×はウェッデル海、●はケープダンレーにおけるデータを示す。

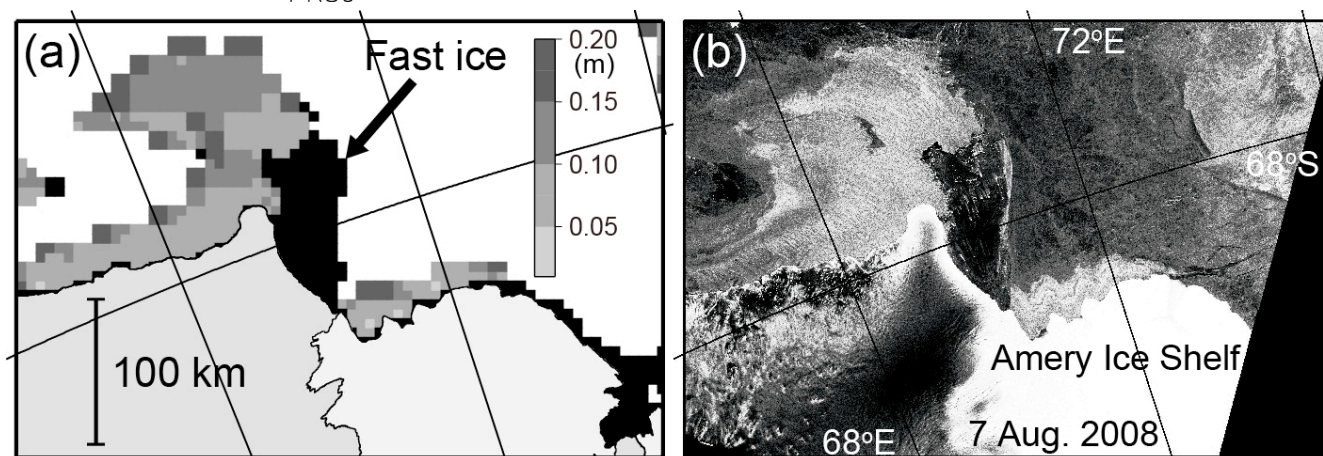


図2 (a) AMSR-E による 2008 年 8 月 7 日のケープダンレーポリニヤ域における薄氷厚 (シェード) と定着氷 (黒)。 (b) 同じ日のケープダンレーポリニヤ域における Envisat ASAR 画像。