

# JAXA 地球環境変動観測ミッション(GCOM)公募研究 海氷薄氷域における氷厚・密接度アルゴリズムの開発・改良 (H20-H22)

Principal Investigator : 大島 慶一郎 北海道大学 低温科学研究所

Co - Investigator

Name	Institution
二橋 創平	北海道大学 低温科学研究所
田村 岳史	北海道大学 低温科学研究所
豊田 威信	北海道大学 低温科学研究所
木村 詞明	愛媛大学 沿岸環境科学研究センター

## 研究背景・目的

海氷生成は海洋の大規模な中深層循環とその変動において、非常に重要な因子である。それは、海氷生成の際に吐き出される高塩分水（ブライン）によって重い水が作られ、それが沈み込むことによって海洋の中深層循環が駆動されているからである。特に沿岸ポリニヤ（風や海流によって生産された海水が次々と沖へ運ばれて維持される薄氷域）は、海氷生産が極めて高い海域であり、南極の沿岸ポリニヤでは世界で一番重い水が作られ、南極底層水として世界中の深・底層に拡がっていく。北太平洋では、最も重い水はオホーツク海の北西陸棚ポリニヤでの高海氷生産によって作られ、それが中層(300-800m)まで潜り込み、北太平洋スケールでの中層の循環を作っている。海氷の大きな変動は、重い水の生成量を変え、さらには海洋中深層循環まで変えうる潜在力を持っている。古海洋学の知見から類推すると、中深層循環の変動は地球の気候や生態系にも大きな変化をもたらすことになる。

一方、海氷の融解とそれともなうアルベドフィードバック効果は、海氷域を気候変動に対して非常に敏感な海域にたらしめている。現実には、北極域で地球温暖化の影響が最も顕著に出ているし、逆に海氷域が温暖化を加速させているという考え方もできる。

気候システムとその変動を理解していくために不可欠である海氷のモニタリングには、人工衛星データ、特にマイクロ波放射計が極めて重要な役割を果たしてきた。海氷分布や面積がある程度正確にモニターできるようになったのも、マイクロ波放射計の登場によってである。マイクロ波放射計により全球規模の海氷分布が観測されるようになってから30年以上経つが、この間夏季北極海の海氷面積が約30%も小さくなったことも明らかにされている。現在においても、海氷をモニターする上で、SSM/I 及び AMSR は海氷の研究とモニタリングの生命線と言える。

海氷密接度は、海氷の分布や面積を知るために不可欠であり、マイクロ波放射計から得られる情報の中で最も基盤となるものである。この密接度を推定するために、AMSR-E に関しては enhanced NASA Team (NT2) algorithm [Markus and Cavalieri, 2000] や Bootstrap algorithm [Comiso, 1995] が採用されており、通常の高氷域では精度のよいアルゴリズムとして使われている。しかし沿岸ポリニヤなどの薄氷域に関しては、必ずしも適切なアルゴリズムにはなっておらず（密接度が過小評価されてしまうなどの問題がある）、密接度アルゴリズムの最大課題の一つとなっている。本研究は、この薄氷域に焦点を絞って、そこ

での新しい海氷アルゴリズムの開発を行うとともに、従来の NT2 の密接度海氷アルゴリズムの改良を行うことをめざすものである。

薄氷域が主に現れる場所は、沿岸ポリニヤである。ここは新生氷が多量に生産される場所でもあり、海氷生産・高密度水生成・海洋中深層循環にとって非常に重要な海域である。沿岸ポリニヤ（薄氷域）での海氷の厚さがわかれば、熱収支計算から、奪われた熱量分だけ海氷が生成されると仮定すると、原理的には海氷生産量が求まることになる。すなわち、薄氷域で氷厚アルゴリズムが開発されると、海氷生産量を見積もることもでき、海氷生産量のグローバルマッピングも可能となる。これらの情報は、海洋中深層循環における高密度水形成域やその変動を知る上でも不可欠のものとなる。

冬季の沿岸ポリニヤのような新生氷が広がる薄氷域は、NT2 を用いると、より低い密接度域として認知されるが、実際は（AMSR の空間分解能では）薄氷がほぼ 100% 覆われた海域になっているはずである。航空機からの観察からも、冬季の沿岸ポリニヤは、寒気が厳しいために開水面はすぐに凍るので一面が薄氷域・新生氷域になっていることが確認されている。前述したように、沿岸ポリニヤで重要なのは、そこでの氷の平均的な厚さである。そこで我々は、沿岸ポリニヤは密接度 100% の薄氷領域として検知し、そこでの平均氷厚を求める、というコンセプトでアルゴリズムを開発する。我々は、SSM/I において同様のコンセプトで薄氷厚アルゴリズムを開発した実績(Tamura et al.,2007)を持つ。本研究では、この手法を基盤に、ALOS の PALSAR データや携帯型マイクロ波放射計などによる現場海氷データとの比較・検証を詳細に行って、薄氷を検知しその厚さを見積もるアルゴリズムの開発を行うことが第一の目的である。

NT2 の密接度アルゴリズムに、上記の薄氷検知アルゴリズムの手法を整合する形で取り込めれば、冬季沿岸ポリニヤ域での薄氷域は 100% もしくはそれに近い密接度の海域として検知されるはずである。両方のアルゴリズムとも polarization ratio (PR: 水平偏波と垂直偏波の輝度温度の比) を最重要なパラメータとして使用しているアルゴリズムなので、両者の整合は工夫が必要となるが、基本的には可能であると考えられる。本研究の第 2 の目的は、薄氷域での密接度の精度を上げるために、上記の薄氷域検知の手法を取り入れて、NT2 海氷密接度アルゴリズムの改良を行うことである。

薄氷は氷縁域にも現れ、そのために氷縁付近も密接度アルゴリズムの精度が悪い海域になっている。氷縁付近は、海から海氷域に向かって見た場合、一年氷が低密接度域から高密接度域になっていく場合（主に融解期）、薄氷域から徐々に厚氷域になる場合（主に結氷期）、その両方の変化が混在する場合、があり、沿岸ポリニヤよりさらに複雑である。本研究では、沿岸ポリニヤと同様に薄氷域検知と密接度推定において重要な鍵となる海域である氷縁域においても、薄氷アルゴリズムと改良 NT2 密接度アルゴリズム両方の精度を大きく改善することをめざす。

海氷状況の変化の激しい薄氷域、氷縁域でのアルゴリズム精度向上には、分解能が高い 89GHz チャンネルのデータを使用することが不可欠である。一方、89GHz チャンネルのデータは水蒸気など大気の影響を受けやすい。したがって、薄氷域や氷縁域では、大気の影響をいかに軽減するか、が重要な課題になる。これについても取り組む。

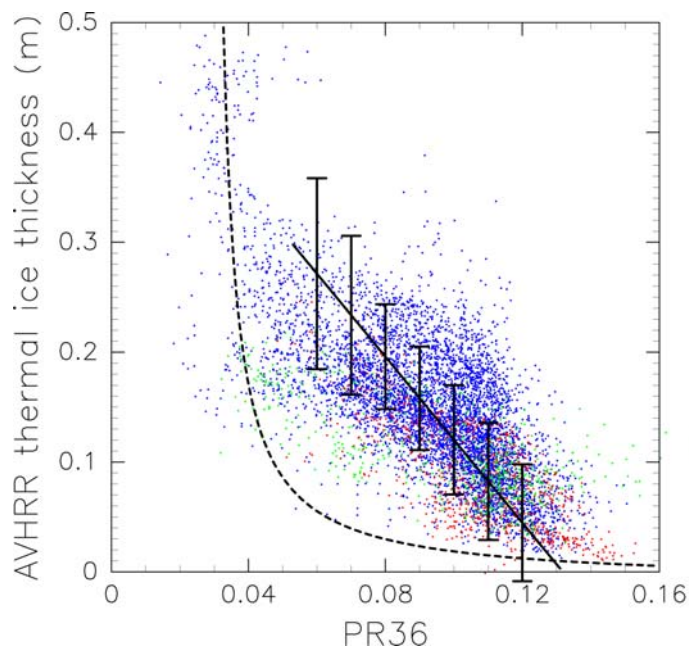
南極域に関しては、棚氷や定着氷を検知・同定することが必要になってくる。棚氷や定着氷は低海氷密接度域や薄氷域と似た PR 特性を示すため、海氷密接度・薄氷域アルゴリズムとも誤評価の原因となる。さらに、これら棚氷・定着氷は、割れて冰山等として流出することがあり、時間変動する。従って南極海

域における海氷モニタリングの精度上げようとした場合、棚氷や定着氷を同定するアルゴリズムの開発が必要となる。

アルゴリズムの改良・開発項目を以下にまとめる。

1. 薄氷域の検知と薄氷厚を求めるアルゴリズムの開発
2. 薄氷検知を取り入れた、NT2 海氷密接度アルゴリズムの改良
3. 大気影響の低減アルゴリズムの改良・開発
4. 南極における棚氷・定着氷同定アルゴリズムの開発

アルゴリズムの改良は、将来的に GCOM-W AMSR2 で用いられることをふまえて、現在運用中の AMSR-E/Aqua data を中心に行うが、同時に 20 年以上のデータの蓄積がある DMSP SSM/I data でも遡って用いることが出来るように工夫する予定である。



**図1:** AMSR-E の 36.5 GHz における輝度温度の偏波比と AVHRR 氷厚との分散図。データは、全部で 35 シーンから得られたものを用いた。青色は北西陸棚域、緑色はサハリン東岸、赤色はテルベニア湾のデータを示す。実線は主成分解析による。破線は、Martin et al. [2004] による北極チャクチ海における薄氷厚アルゴリズムを示す。