HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on formation and variability of Antarctic coastal polynyas taking account of ice type [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	中田, 和輝
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第12489号
Issue Date	2016-12-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/64735
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuki_Nakata_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士（環境科学）　　氏 名 中 田 和 輝

審査委員　主査　教 授　大 島 慶一郎
副査　教 授　江 淵 直 人
副査　助 教　豊 田 威 信
副査　助 教　松 村 義 正
副査　教 授　羽 角 博 康 （東京大学大気海洋研究所）

学 位 論 文 題 名

Studies on formation and variability of Antarctic coastal polynyas taking account of ice type
（海氷タイプに着目した南極沿岸ポリニヤの形成・変動機構に関する研究）

沿岸ポリニヤは、沖向きの卓越風により厚氷が沖へ移動することで形成される疎氷域・新生氷域のことである。多海氷生産域である沿岸ポリニヤでは、海氷生成の際に排出される高塩分水により、中深層水のソースとなる高密度水が生成される。特に南極海で生成される高密度水は南極底層水の起源水であり、南極沿岸ポリニヤは地球規模の熱塩循環及びそれに起因する物質循環に重要な役割を果たしている。特に重要となるポリニヤでの海氷生産量はポリニヤ域の拡がり及び薄氷厚によって概ね決まるので、それらを精度よく検出しそれらの決定要因を解明することはポリニヤ研究の中心的課題となる。今まで、衛星マイクロ波放射計データから薄氷厚を検出するためのアルゴリズムの開発がいくつか行われてきた。それら既存の薄氷厚アルゴリズムでは輝度温度の偏波比（PR）と薄氷厚に負の相関関係があることを用いており、そのアルゴリズムを基に全南極のポリニヤでの海氷生産量マッピングも行われている。しかし、これらの薄氷厚アルゴリズムではマイクロ波放射特性に影響を与えるはずの「海氷タイプ」は全く考慮されていない。

沿岸ポリニヤは、グリース/フラジルアイスと開水面が混在する海域（active frazil域）と、薄氷が比較的一様に拡がる海域（thin solid ice域）の二つの海域（以下、海氷タイプとする）に大別され、両者は異なる熱的特性を持つ。本研究は、二つの海氷タイプを考慮した薄氷厚アルゴリズムを開発し、得られたデータから南極沿岸ポリニヤのマッピング及び形成・変動過程の解明を行うことを目的とする。加えて、データ解析から得られた知見を活かし、現実に即したポリニヤ数値モデルを構築することも目的とする。

アルゴリズム開発では、各海氷タイプでPR-氷厚の関係が大きく異なること、PRとGR（勾配比）面において海氷タイプを分別できることが示唆された。この結果を基に、PRとGRによる線形判別手法から二つの海氷タイプを分別し、各タイプに対応するPR-氷厚の関係式から氷厚を見積もる、という海氷タイプを考慮した薄氷厚・分類アルゴリズムを作成した。本アルゴリズムを南大洋全域に適用し、海氷タイプ及び薄氷厚の一日ごとのデータを2003年-2010年の8年間で作成した。さらに、得られた氷厚データと大気客観解析データから熱収支計算を

行うことで、全南大洋での海氷生産量のマッピングも行った。その結果、カタバ風が強く吹く東南極では他海域に比べactive frazil域が卓越しやすいことが示された。active frazil域は熱的氷厚が非常に薄いため、海氷生産量はthin solid ice域より格段に大きくなる。そのため、thin solid iceの例を中心にアルゴリズムの開発を行ってきた既存研究からの海氷生産量は過小評価されており、例えばactive frazilの出現割合が高いケープダンレーポリニヤでは既存研究より海氷生産量が約1.5倍高くなることが示された。次に、ケープダンレーポリニヤをテストサイトとして、ポリニヤの変動過程に関する解析も行った。その結果、active frazil域はフラジルアイスの輸送過程をパラメタライズした場合のPeaseのポリニヤ概念モデルに従って変動することが示された。また風が弱化した場合は、それまで拡がっていたactive frazil域がthin solid ice域に遷移することが明瞭に示された。

以上の結果を踏まえ、Matsumura and Ohshima [2015]が開発したフラジルアイス粒子追跡モデルをベースに、active frazil域の拡がりを顕に取り扱うポリニヤ数値モデルを構築した。モデル実験の結果、solid iceが沖に移動することで沿岸域に形成されたactive frazil域内では、フラジルアイスが水深80m程まで存在し、概ね風方向にストリーク構造を形成しながら沖に運ばれることが示され、合成開口レーダー画像から見られるストリーク構造も概ね再現された。さらに、このストリーク構造の形成及びフラジルアイスの沈み込みがactive frazil域での高海氷生産を維持する上で重要であることを示し、従来モデルでは再現できない30km以上拡がる南極沿岸ポリニヤを再現した。

申請者の研究は、深層循環及び物質循環の起点になる南極沿岸ポリニヤに対する理解を格段に深めた研究であり、申請者が開発した衛星アルゴリズム及び数値モデルは、新規性が高く今後多いに利用されると期待される。審査委員一同は、その重要度や先進性・発展性を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに充分な資格を有するものと判定した。