

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：62611

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24810030

研究課題名(和文) 南極有数規模の沿岸ポリニヤの形成機構とそこでの海水生産量の定量的見積もり

研究課題名(英文) Formation process and quantitative estimation of sea ice production in an Antarctic coastal polynya

研究代表者

田村 岳史 (TAMURA, Takeshi)

国立極地研究所・研究教育系・助教

研究者番号：40451413

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：2012年9～10月に行われた豪州主催の国際南極海水観測に参加した際の得たデータを用いて解析を行い、海水厚アルゴリズムの高精度化に貢献する知見と、薄氷厚アルゴリズムの高精度化に直結する定着氷検出アルゴリズムの高精度化につながる知見を得た。本研究で得られた知見により、より高精度の薄氷厚アルゴリズムの作成が期待される。これによって、海水生産量をより定量的に見積もる事が可能となる。

研究成果の概要(英文)：Our results from in-situ data obtained during the Australian-led international Antarctic sea ice experiment in September-October 2012 show the potential to contribute to the improvement of sea ice thickness algorithm and fast ice detection algorithm. By the improvement of sea ice thickness algorithm, sea ice production estimation method could be more accurate.

研究分野：極域海洋学・海水物理学

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：極地 リモートセンシング 気候変動 海洋物理・陸水学 環境変動

1. 研究開始当初の背景

海洋の大規模な中深層循環は、表層の重い水が沈み込み、それを補償するように中深層の流れが生じる事によって起こる密度（熱塩）循環である。海洋の最下層（底層）に沈み込む重い水（底層水）が生成されるのが南極海氷域であり、海氷生成の際に吐き出される高塩分水が底層水の生成源になっている。この海氷生成が主に起こっているのが沿岸ポリニヤ（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、海氷生産が極めて高い）である（Morales Maqueda et al., 2004）。一方で、極域・海氷域は近年の温暖化に非常に鋭敏な海域であり、海氷生産量の変動は重い水の生成量を変え、さらには海洋深層循環まで変えうる潜在力を持っている。しかし、海氷生産や底層水生成を捉える現場観測が極めて困難である事から、南極沿岸ポリニヤの形成メカニズムやそこでの海氷生産や高密度水形成については、十分に明らかになっていない上に、これまであまり注目されてこなかった。

研究代表者はこれまでの研究において、衛星リモートセンシングと熱収支計算との組み合わせにより、海氷（薄氷）厚の見積もりから海氷生産量の導出に取り組んできた。研究代表者のこれまでの研究から、南極沿岸ポリニヤにおける海氷生産量の空間分布および経年変動が明らかになった。ここでは衛星データを用いた海氷アルゴリズム（Tamura et al., 2007）から海氷生産量を見積もっている為、衛星データを現場観測データと比較・検証する事は最も重要で不可欠である。これまでの研究でその絶対数が不足していた現場観測データとの検証をさらに進める必要があると考えた。

2. 研究の目的

本課題では、現場観測データを取得して、衛星データから沿岸ポリニヤの氷厚を見積もるアルゴリズムを高精度化し、海氷生産量をより定量的に見積もる事を目的とした。

東南極沿岸ポリニヤで現場観測データを取得し、衛星データ（AVHRR、MODIS、SSM/I、AMSR、ASAR等）から沿岸ポリニヤの氷厚を見積もるアルゴリズムの検証を行い、これにより既存の海氷アルゴリズムを高精度化し、それによってより定量的な海氷生産量の見積りを行う事を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 海氷（薄氷厚）アルゴリズムの高精度化に必要な現場観測データの取得

2012年9～11月に行われた豪州主催の国際南極海氷観測に参加した。この観測は、東経110度付近のピンセンネス湾ポリニヤで行われた集中観測で、得られた現場観測データ

によって薄氷厚アルゴリズム（Tamura et al., 2007）の高精度化に大きな貢献をする事になる。なお、この観測で研究代表者は日本から、人工衛星に積んであるマイクロ波センサーと全く同じセンサー（三菱電機製）を積んだ携帯型の放射計を持ち込み、これをヘリに搭載して観測を行うという手法（Tamura et al., in revision）によって、現場検証を行った。

(2) 定着氷の取り扱いに関わる検証

南極沿岸ポリニヤ周辺に存在する定着氷は、薄氷と似たマイクロ波特性を持つ。その為、衛星マイクロ波データを用いた解析の際は、定着氷と薄氷（沿岸ポリニヤ）との区別は難しい（Comiso et al., 2001）。沿岸ポリニヤは、東南極沿岸域で顕著に見られるように、定着氷に隣接して形成される場合が多い。さらに、定着氷の張り出しは自身の流出及び蓄積によって変動する為、沿岸ポリニヤを正確に検出する為には、定着氷の位置やその変動を検出することが不可欠であり、薄氷厚アルゴリズムの高精度化にもこれは欠かせない。上記の現場観測データを用いて、定着氷検出アルゴリズムを検証する。

4. 研究成果

(1) 海氷（薄氷厚）アルゴリズムの高精度化に必要な現場観測データの取得

2012年9～10月に行われた豪州主催の国際南極海氷観測に参加した際の得たデータを用いて解析を行った。この観測は、東経120度付近のドルトンポリニヤを含む海氷域で行われた集中観測で、得られた現場観測データによって薄氷厚アルゴリズムの高精度化が期待される。この観測で申請者は日本から、人工衛星に積んであるマイクロ波センサーと全く同じセンサーを積んだ携帯型の放射計（研究協力者：北大・低温研・大島教授）を持ち込み、これをヘリに搭載して観測を行って（図参照）、現場検証を行った。本研究課題がターゲットとしているポリニヤ域でのヘリ観測に成功し、世界初となる沿岸ポリニヤでのヘリマイクロ波現場データの取得に成功した。この観測データの解析処理を行い、アルゴリズムの高精度化に貢献する知見を論文にまとめて、国際誌に提出した。

(2) 定着氷の取り扱いに関わる検証

沿岸ポリニヤを正確に検出する為には、定着氷の位置やその変動を検出することが不可欠であり、薄氷厚アルゴリズムの高精度化にもこれは欠かせない。これまでの薄氷厚アルゴリズムは、85GHz周波帯のマイクロ波データを用いて、定着氷検出アルゴリズムを作成してきたが、上記の現場観測の結果から、36GHz周波帯のマイクロ波データを用いても、定着氷を検出できる可能性が示唆された。これは定着氷検出アルゴリズムの高精度化につながるものであり、薄氷厚アルゴリズムの

高精度化に直結する。この知見を上記の論文の一部としてまとめて、国際誌に提出した。



図：携行型マイクロ波放射計のヘリへの設置の様子。

(3) 成果の位置づけと今後の展望

海氷生産量の見積もりには、薄氷厚のデータが重要であるが、南極海では沿岸ポリニヤの薄氷厚に関する衛星データの検証は、研究代表者の研究 (Tamura et al., 2007) を除いてあまり行われてこなかった。本研究で得られた知見により、より高精度の薄氷厚アルゴリズムの作成が期待される。底層水生成域において、海氷生産の底層水形成に対する貢献の程度は海氷生産量にほぼ比例する。沿岸ポリニヤでの海氷生産量を定量的に評価することによって、東南極沿岸域における高密度水分布の解明に関して、供給源からのアプローチにより貢献することができる。本課題の成果は、新たな南極底層水生成域の発見に対して大きな貢献をする可能性をも持っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 6 件)

- ① Aoki, S., Y. Kitade, K. Shimada, K. I. Ohshima, T. Tamura, C. C. Bajish, M. Moteki, and S. R. Rintoul (2013): Widespread freshening in the seasonal ice zone near 140E off the Adelie Land Coast, Antarctica, from 1994 to 2012. *Journal of Geophysical Research*, 118(11), 6046-6063, doi:10.1002/2013JC009009. (査読あり)
- ② Shadwick, E. H., S. R. Rintoul, B. Tilbrook, G. D. Williams, N. Young, H. Marchant, J. Smith, A. D. Fraser, and T. Tamura (2013): Glacier tongue calving reduced dense water formation and enhanced carbon uptake. *Geophysical Research Letters*, 40(5), 904-909, doi:10.1002/grl.50178. (査読あり)
- ③ Ohshima, K. I., Y. Fukamachi, G. D. Williams, S. Nihashi, F. Roquet, Y. Kitade, T. Tamura, D. Hirano, L. Herraiz-Borreguero, I. Field, M. Hindell, S. Aoki, and M. Wakatsuchi (2013): Antarctic Bottom Water production by intense sea-ice formation in the Cape Darnley Polynya. *Nature Geoscience*, 6(3), 235-240, doi:10.1038/ngeo1738. (査読あり)
- ④ Iwamoto, K., K. I. Ohshima, T. Tamura, and S. Nihashi (2013): Estimation of thin ice thickness from AMSR-E data in the Chukchi Sea. *International Journal of Remote Sensing*, 34(2), 468-489, doi:10.1080/01431161.2012.712229. (査読あり)
- ⑤ Iwamoto, K., K. I. Ohshima, and T. Tamura (2013): Mapping of sea ice production in

the Arctic Ocean using AMSR-E thin ice thickness algorithm. Proceedings of the 28th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice 2013, Mombetsu, Japan, 208-211. (査読なし)

- ⑥ Tamura, T., G. D. Williams, A. D. Fraser, and K. I. Ohshima (2012): Potential regime shift in decreased sea ice production after the Mertz Glacier calving. *Nature Communications*, 3:826, doi:10.1038/ncomms1820. (査読あり)
- [学会発表] (計 30 件)
- ① Tamura, T., K. I. Ohshima, J. L. Lieser, T. Toyota, K. Tateyama, D. Nomura, K. Nakata, A. D. Fraser, P. Jansen, K. Newbery, R. A. Massom, and S. Ushio: Helicopter-borne observation with portable microwave radiometer in the Southern Ocean and the Sea of Okhotsk, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, Hobart, Australia, March 10-14 (13), 2014. (Poster)
- ② Nomura, D., A. Ooki, G. S. Dieckmann, E. Damm, K. M. Meiners, and T. Tamura: Bromoform emission over the Antarctic sea ice, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, Hobart, Australia, March 10-14 (13), 2014. (Poster)
- ③ Nakata, K., K. I. Ohshima, S. Nihashi, N. Kimura, and T. Tamura: Variability mechanism and ice production budget of the Ross Iceshelf Polynya in the Antarctica, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, Hobart, Australia, March 10-14 (13), 2014.
- ④ Sugimoto, F., H. Shimoda, D. Simizu, S. Uto, K. Tateyama, S. Hoshino, T. Ozeki, T. Tamura, Y. Fukamachi, S. Ushio, and K. I. Ohshima: Distribution and interannual variability of sea-ice thickness in the pack-ice zone off Lutzow-Holm Bay, Antarctica, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, Hobart, Australia, March 10-14 (10), 2014. (Poster)
- ⑤ Nomura, D., B. Delille, G. S. Dieckmann, J. Tison, K. M. Meiners, M. A. Granskog, and T. Tamura: Sea ice CO₂ flux in the Southern Ocean during mid-winter and early spring, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, Hobart, Australia, March 10-14 (10), 2014.

- ⑥ Young, N. W., A. D. Fraser, J. Lieser, R. Massom, S. Rintoul, T. Tamura, and G. D. Williams: The changing icescape about the Mertz Glacier polynya, East Antarctica, and its impacts, The 2013 European Space Agency Living Planet Symposium, Edinburgh, UK, September 9-13 (12), 2014. (Poster)
- ⑦ 田村 岳史, 大島 慶一郎, Jan L. Lieser, 豊田 威信, 館山 一孝, 野村 大樹, 中田 和輝, Alexander D. Fraser, Peter Jansen, Kym Newbery, Robert A. Massom, 牛尾 収輝, "へり搭載型マイクロ波放射計を用いた南大洋・オホーツク海での海水観測", 第4回極域科学シンポジウム, 国立極地研究所, 2013年11月12日~15日
- ⑧ Iwamoto, K., K. I. Ohshima, and T. Tamura: Mapping of sea ice production in the Arctic Ocean using AMSR-E thin ice thickness algorithm, The 28th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice 2013, Mombetsu, Japan, February 17-21 (18), 2013.
- ⑨ Kitade, Y., K. Shimada, T. Tamura, L. Cheng, Y. Fukamachi, S. Aoki, S. Ushio, K. I. Ohshima: Properties of Antarctic Bottom Water observed off Vincennes Bay, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 3-7 (7), 2012. (Poster)
- ⑩ Ohshima, K. I., Y. Fukamachi, S. Aoki, T. Tamura, and G. D. Williams: New findings of Antarctic Bottom Water: Ongoing warming/freshening and a discovered AABW source, The Third Symposium on Polar Science, Multidisciplinary session "Late Cenozoic Environmental Changes in Antarctic Cryosphere: Perspectives from Sea, Land, and Ice Sheets", Tachikawa, Japan, November 26-30 (27), 2012.

[その他]
プレスリリース

- ①南極氷河の大崩壊で海洋のCO₂吸収量が倍増 ~地球規模の気候システムにも影響を与える南極底層水の生成量が大幅減少~
<http://www.nipr.ac.jp/info/notice/20130315-1.html> (2013年3月15日:国立極地研究所)
- ②南極氷河の崩壊により底層水生成量が大幅に減少 ~地球規模の海洋大循環や気候にも影響の恐れ~
<http://www.nipr.ac.jp/info/notice/20120509.html> (2012年5月9日:国立極地研究所)

(1) 研究代表者

田村 岳史 (TAMURA, Takeshi)

国立極地研究所・研究教育系・助教

研究者番号：40451413