

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12214

研究課題名（和文）東南極における氷河流動と底面融解の相互作用に伴う消耗量変動の解明

研究課題名（英文）Study on fluctuation of ice mass discharge associated with the interaction between glacier flow and basal melting in East Antarctica

研究代表者

中村 和樹（NAKAMURA, Kazuki）

日本大学・工学部・准教授

研究者番号：60435500

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：東南極の白瀬氷河における流動および氷厚変動を衛星観測データと現地観測データとの融合解析により明らかにした。その結果、氷床接地線付近の流動速度は1996年以来24年間ほとんど変わっていないことが分かった。一方で、氷河末端を取り囲む定着氷が氷河のカービングを抑制することを、浮氷舌と定着氷の流動速度から定量的に明らかにした。さらに、定着氷の流出に伴う氷河の流動速度が加速する現象を氷厚の変化から調べ、流動速度の加速が氷厚を減少させることを連続の式により説明できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東南極は質量収支が均衡していると考えられてきたが、その質量収支や白瀬氷河についても沖合からの暖かい海水の流入による顕著な底面融解が報告されていることから、東南極においても雪氷が消耗傾向にあると考えられる。このことから、本研究による定着氷の挙動に関する大規模な調査は、氷河端における氷河氷と定着氷の相互作用に関するより良い理解を得ることができ、南極における溢流氷河の質量収支のより確実な推定に貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study presents that flow velocity variations on Shirase Glacier and its surrounding landfast ice in East Antarctica were estimated using satellite and in-situ observation data. The results show that the flow velocity near the grounding line was no significant changes for 24 years since 1996. While the spatiotemporal variation of the flows described in this study provides the basis for a better quantitative understanding of the buttress effect. Furthermore, the phenomenon of the glacier flow acceleration associated with the discharge of landfast ice was investigated from the change in estimated ice thickness. The flow velocity accelerated as the ice thickness decreased was found, which can be explained by a continuity equation.

研究分野：地球科学

キーワード：流動速度 氷厚 氷河 定着氷 東南極

1. 研究開始当初の背景

南極における氷床融解の加速に大きな関心が集まっており、地表の氷を約 90%有する南極氷床は、その全てが融解した場合に世界の平均海水位が 58 m 上昇すると試算されている。南極大陸沿岸の海水は結氷して海氷となり、冬期には南極大陸の 1.4 倍に拡大する。海氷の成長は塩分量が高く重い海水を作り出し、これが沈降して南極低層水となり地球全球規模における海洋深層循環を駆動している。つまり、地球規模の循環において南極は非常に大きな影響を与える場として存在している。

近年、西南極において棚氷下に暖かい海水が流入することによる消耗量の加速が顕著に見られるが、東南極は質量収支（積雪による涵養と海洋へ流出する消耗の和）が均衡していると考えられてきた。研究代表者らは、東南極で最も速い流れをもつ白瀬氷河を排出口とする氷床の流出量について研究を進めており、その質量収支が -1.9 Gt a^{-1} と求められ（Nakamura et al., 2016）、また Hirano et al. (2020) によって、白瀬氷河についても沖合からの暖かい海水の流入による浮氷舌の顕著な底面融解が報告されていることから、東南極においても雪氷が消耗傾向にあると考えられた。以上から、白瀬氷河と氷河を取り囲む棚氷および定着氷の動態ならびに氷河下の底面融解の相互作用の解明は、南極氷床変動の理解への不確実性を解消するための喫緊の課題といえる。

2. 研究の目的

本研究は衛星観測データおよび日本南極地域観測隊（Japanese Antarctic Research Expedition: JARE）による現地観測データの統合的な解析により、東南極沿岸における氷河－海氷－海洋の相互作用に伴う特徴的な消耗変動の解明を目的とする。この目的の達成には、東南極のリュツォ・ホルム湾域における衛星観測データと現地観測データの解析を通して、東南極沿岸における特徴的な氷河と氷河を取り囲む棚氷および定着氷の動態ならびに氷河下の底面融解の相互作用特性を把握し、その背景環境の要因を特定することが必要である。

従来の極域研究において氷河上の現地観測はクレバス等により危険なため現地データは多くないが、第 59 次以降の JARE により設置されたアイスレーダによる GNSS 受信機が連続計測したデータを使用することが可能であり、この現地観測データと衛星観測データを用いた複合的な解析により明らかにする。

3. 研究の方法

白瀬氷河および氷河を取り囲む海氷の流動場は、全天候型で極夜でも観測が可能なマイクロ波を用いる衛星合成開口レーダ（synthetic aperture radar: SAR）データにオフセットトラッキング法（例えば、Nakamura et al., 2022a）を適用することにより推定する。オフセットトラッキング法は、画像ペアから取り出したそれぞれの小領域の一致を相互相関係数の高さで調べることににより、画像ペアにおける同一地点の検出を行う方法である。この手法を ALOS-2 に搭載された PALSAR-2（phased array type L-band SAR-2）による取得データへ適用し、氷河および海氷の流動場の季節変動と年々変動を調べる。また、PALSAR-2 による流動場の推定結果は、アイスレーダによる GNSS 受信結果から求められた流動場により評価する。

SAR データを用いることにより水平方向の流動場が求められるが、垂直方向の流動場については、衛星搭載マイクロ波高度計である CryoSat-2/SIRAL（Synthetic Aperture Interferometric Radar Altimeter: SIRAL）データを用いて、白瀬氷河の氷厚を推定する。CryoSat-2/SIRAL の観測データは WGS-84 を基準とした楕円体高であるため、ジオイド高を EGM2008 ジオイドモデルにより差し引いて標高を求める（以降、CryoSat-2 標高と呼ぶ）。氷床接地線（Grounding line: GL）よりも下流では氷河が海洋に浮いていると仮定できるため、CryoSat-2 標高へ静水圧平衡を適用することにより氷厚へ変換できる。

4. 研究成果

（1）オフセットトラッキング法による白瀬氷河の流動速度の評価（Nakamura et al., 2022a）

ALOS-2/PALSAR-2 データにオフセットトラッキング法を適用し、白瀬氷河の流動速度の時間変化を調べる上で、その推定誤差を考慮する必要がある。とくに、極域観測において PALSAR-2 のような低周波数 SAR による観測では、電離層の影響も考慮する必要がある。そこで、2018 年 7 月から 2109 年 9 月までの PALSAR-2 画像から得られる画像 20 ペアに対して、流動速度の偏差を算出した。その結果、流動速度の平均値 \pm 標準偏差は、氷床域および氷河域において、それぞれ (a) $-0.01\pm 0.14 \text{ km a}^{-1}$ 、(b) $-0.05\pm 0.15 \text{ km a}^{-1}$ であった。一方、図 1 に示すように、電離層の影響を大きく受けた画像ペアでは、氷床域の平均偏差は (a) 0.39 km a^{-1} と (b) 0.33 km a^{-1} 、氷河

域の平均偏差は (a) 0.25km a^{-1} と (b) -0.52km a^{-1} であった。電離層の影響を大きく受けている画像ペアでは、流動速度の標準偏差 (およそ $\pm 0.2\text{km a}^{-1}$) よりも偏差が大きかった。したがって、これら画像ペアは電離層の影響を受けているものと考えられることから、解析から除外した。

JERS-1/SAR、ALOS/PALSAR、ALOS-2/PALSAR-2の観測から得られた白瀬氷河の流動速度を調べる結果、1996年からの24年間、流動速度はほとんど変化していないことが分かった。1996年から2019年までのGLにおける氷河の平均流動速度は 2.30km a^{-1} であった。2019年における季節変動は、下流域で 0.11km a^{-1} 、GLで 0.02km a^{-1} 、上流域で 0.03km a^{-1} であった。GLにおける流動速度の季節変動はほぼ変動が見られないが、上流域と下流域における流動速度の季節変動は、夏季の流動速度が速く、冬季の流動速度が遅いことを示している。

2018年から2019年にかけて、ALOS-2/PALSAR-2の観測と同時に、ApRESに搭載されたGNSS受信機を用いて流動速度を算出した。ALOS-2/PALSAR-2で推定した白瀬氷河の流動速度とApRES/GNSSから算出した流動速度を比較した結果、相関係数は0.78、RMSEは 0.049km a^{-1} であった。オフセットトラッキング法の実効推定誤差は $\pm 0.03\text{km a}^{-1}$ であることから、オフセットトラッキング法を適用したALOS-2/PALSAR-2の流動速度の推定結果は、ApRES/GNSSによる現地観測の結果と調和的であることが示された。

以上から得られた白瀬氷河の流動における空間的・時間的変動は、氷河のダイナミクスの特徴を示しており、オフセットトラッキング法の有効性を証明している。また、流動速度は上流域から沿岸域にかけて急激に増加するが、GL付近の長さ10kmの領域ではほぼ一定であり、その後、GLより下流域で再び徐々に増加する傾向が見られた。この傾向は、1996年以来24年間ほとんど変わっていないことが分かった。

(2) 白瀬氷河浮氷舌とリュツォ・ホルム湾における定着氷における流動速度の相互作用 (Nakamura et al., 2022b)

東南極で最も流動速度の速い溢流水河の一つである白瀬氷河は、通常、定着氷に覆われた湾に流れ込んでいる。定着氷の存在は氷河浮氷舌を安定化させると考えられているが、定量的な評価は不十分である。このことをALOS-2/PALSAR-2データを用いて、2017年4月における定着氷の崩壊前後の浮氷舌とその周辺の定着氷について、これら流動速度の時間的・空間的変動をオフセットトラッキング法により調べ、これにより得られた流動速度プロファイルを図2に示す。2016年~2018年のGLから10km下流における流動速度は $2.31\pm 0.03\text{km a}^{-1}$ であり、過去の流動速度分布と一致した。2017年4月に定着氷が崩壊した後、氷河の浮氷舌末端はおよそ15km後退し、定着氷によるバリアが無い場合は、氷河の流動速度が $0.20\sim 0.38\pm 0.03\text{km a}^{-1}$ 加速した。

白瀬氷河を取り囲む定着氷は重要な動きを示しており、氷河浮氷舌前面の流動速度の違いから、(1) 2016年4月と2018年9月~10月に得られた画像ペアの速い流動速度、(2) 2017年9月~10月に得られた画像ペアの低い流動速度の2つのパターンに分けられる。氷河末端の平均流動速度は、パターン(1)では $2.55\pm 0.03\text{km a}^{-1}$ と比較的遅く、パターン(2)では $2.75\pm 0.03\text{km a}^{-1}$ で比較的速かった。氷河末端と定着氷における流動速度の比は、パターン(1)では89%であったがパターン(2)では20%であった。この差の理由は定かではないが、パターン(1)の場合、氷河末端の手前にある定着氷は多年氷か、あるいは広範囲に発達した1年氷であったため、氷河末端の流動速度が定着氷に効率よく伝播し、氷河の流動速度を抑制した可能性がある。氷河浮氷舌の末端が後退すると、その前面に一気に定着氷が形成される。その厚さは薄いため、氷河の流動速度の抑制は変化しやすい。したがって、氷河末端に接する定着氷の厚さの違いが重要と考えられる。(2)のパターンでは、氷河末端を取り囲む定着氷がより弱い1年氷で構成されているため、氷河末端の流動速

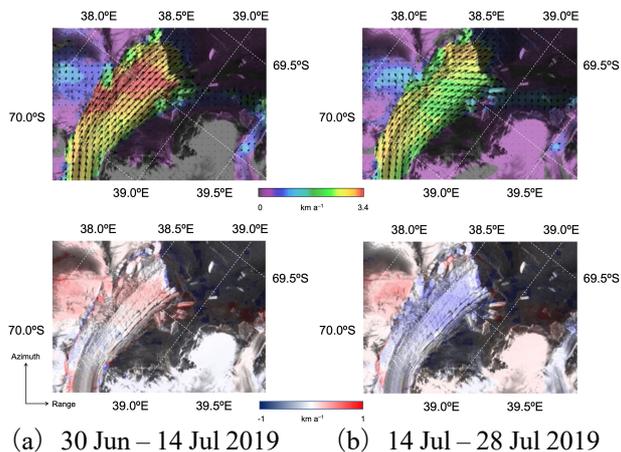


図1 電離層の影響を受けている流動速度マップ (上段) と流動速度の偏差マップ (下段)

夏季の流動速度が速く、冬季の流動速度が遅いことを示している。

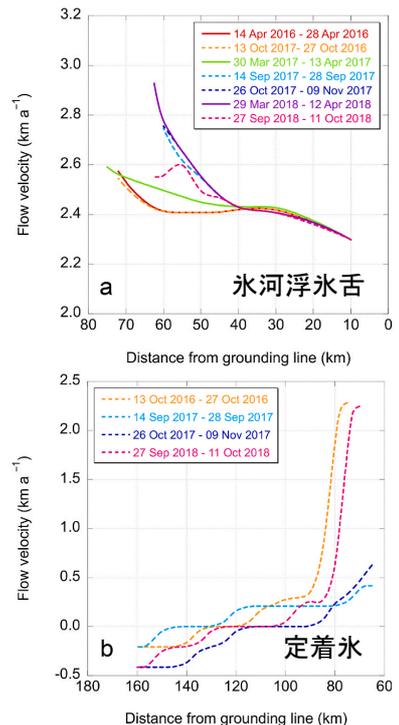


図2 流動速度プロファイル

度が定着氷へ伝わりにくく、氷河の流動の抑制が弱まった可能性がある。いずれにせよ、氷河末端を取り囲む定着氷の存在とその強さは、白瀬氷河のカービング（氷河が分裂して冰山を算出すること）を抑制するバットレス効果を持つと考えられた。

本研究対象の北限にある定着氷は、流動速度 $-0.21 \sim -0.42 \pm 0.03 \text{ km a}^{-1}$ で南下することが分かった。この流動速度は使用している SAR 画像のピクセルスペーシングに近いが、技術的には有意な値である。この海域は、大陸棚縁に近い定着氷縁からおよそ 30 km の範囲である。風の卓越方向は西向きである (Ohshima et al., 1996)。この海域では一般に海流が南向きに流れ (Kusahara et al., 2020)、沖合の定着氷下における海水の抵抗によって、定着氷も同じ方向に流れる可能性がある。沖合の定着氷縁付近の南方への移動と、氷河浮氷舌付近の北方への移動の間の、定着氷と氷河氷の対照的な影響により定着氷の収束が起こったと考えられた。

以上から、白瀬氷河は定着氷を沖合へ押し出していることが分かり、これら 2 つのパターンは、バットレス効果と氷河末端を取り囲む定着氷の存在が白瀬氷河のカービングを抑制しているという仮説を支持するものであり、バットレス効果をより定量的に理解するための基礎となる。本研究は、広域にわたる定着氷の移動に関する初めての研究である。この地域では、氷の相対運動の結果、プレッシャーリッジやタイダルクラックが頻繁に形成されることが経験的に知られているが、このプロセスに関する現在の知見は断片的で整理されていない。本研究手法をさらに応用することで、定着氷の全体的な構造と挙動をより深く理解することができると考えられる。定着氷の安定性の経年変化は、沖合の海洋条件にも影響される可能性があり (Aoki, 2017)、南極流出氷河の質量収支のより確実な推定に寄与することが期待できる。

(3) 白瀬氷河浮氷舌における氷厚の経年変化 (Satake and Nakamura, 2023)

2011 年～2020 年において得られた CryoSat-2/SIRAL データを用いて、白瀬氷河浮氷舌の氷厚を推定した。図 3 に白瀬氷河浮氷舌の中央流線における氷厚を推定した結果を示す。この図は中央流線に沿って GL から下流へ 5 km 間隔で氷厚を抽出しており、白瀬氷河の 1 年毎の平均氷厚と氷厚の推定精度 ($\pm 9.5 \text{ m}$; Satake and Nakamura, 2023) をエラーバーで示している。なお、各年の氷厚は、30 シーン前後の SIRAL データをスタッキングして求めた結果である。図 3 から、GL から下流へ 10 km の地点において $529.6 \pm 9.5 \text{ m}$ 、GL から下流へ 60 km の地点において $299.4 \pm 9.5 \text{ m}$ となり、GL から下流方向へ氷厚が減少する傾向が見られた。この傾向は、GL と GL から 30 km 下流の地点までの区間と、GL から 35 km 下流における地点と氷河末端までの区間で、その傾向に違いが見られた。氷厚の減少 H_{dec} を距離 D の関数として表現すると、式 (1) が得られる。

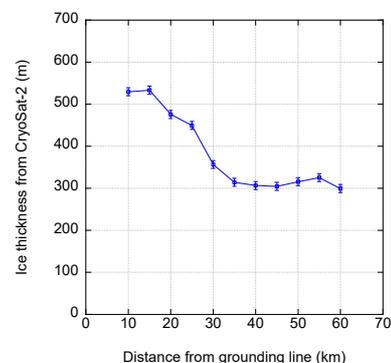


図 3 氷厚プロファイル

$$H_{dec} = \begin{cases} -8.60 \times D + 640.92 & (D < 35 \text{ km}) \\ -0.03 \times D + 312.56 & (D \geq 35 \text{ km}) \end{cases} \quad (1)$$

この式から、GL と GL から 30 km 下流の地点までの区間においては、白瀬氷河の流動速度が 2.3 km a^{-1} (Nakamura et al., 2022a) であるから、年当たりの氷厚の減少は 19.8 m と求められる。これは、白瀬氷河の GL からおよそ 20 km の地点に設置されたアイスレーダにより年間 $7 \text{ m} \sim 16 \text{ m}$ の底面融解が生じているとする推定結果 (Hirano et al., 2020) と調和的であるが、その他の要因も考えられる。一方で、GL から 35 km 下流における地点と氷河末端までの区間では年当たりの氷厚の減少は 0.1 m と求められ、底面融解による寄与は低いと考えられた。

1998 年 (Nakamura et al., 2007)、2005 年 (Ushio et al., 2006)、2018 年 (Nakamura et al., 2022b) には白瀬氷河の浮氷舌や氷河末端付近の定着氷が崩壊して流出するといったイベントが発生し、これにより白瀬氷河の流動速度が加速することが観測されている。GL から下流へと距離の増加に伴う氷厚の変化は、底面融解のような経時変化と共に、過去に生じたイベントが記録されることになる。このようなイベントが、氷河の氷厚を変化させるか調べるため、図 3 において氷厚の変化が最も大きかった、GL から 30 km 下流の地点における氷厚の経年変化に着目した。図 4 に、GL から 30 km 下流における氷厚の経年変化を示す。

本研究では 1998 年の氷厚は求められていないが、白瀬氷河の GL における流動速度を 2.3 km a^{-1} (Nakamura et al., 2022a) として、14 年間で氷河はおよそ 30 km 前進することになる。このことから、図 4 において 1998 年から 14 年後の 2012 年における氷厚が他の年と比較して小さな値を示しており、観測期間の氷厚の平均が 356.5 m に対して、2012 年の氷厚が 323.0 m であり、平均との差は 34.5 m であった。これは、1998 年の浮氷舌末端の後退に伴う流動速度の加速に起因すると考えられた。同様に、2005 年の氷厚も求められていないが、12 年間で氷河がおよそ 30 km 前進することになることから、図 4 において 2005 年から 12 年後の 2017 年における氷厚が他の年と比較して小さな値を示しており、2017 年の氷厚が 314.3 m であり、平均との差は 42.2 m であった。これは、2005 年の氷河末端付近における定着氷の崩壊と流出に起因すると考えられた。

2018年以降、2020年までに氷河は前進を続けていることから (Yaginuma et al., 2022)、氷河末端は2018年3月～4月に発生した定着氷の崩壊および浮氷舌の流出に伴う氷厚の変化が見られると考えられる。図3において、2年間で氷河がおよそ5 km前進することになることから、氷河末端であるGLから60 km下流の地点とそこから5 km上流のGLから55 km下流の地点における氷厚の差は26.0 mであった。氷河末端付近でも同様の底面融解強度 (Hirano et al., 2020) を適用した場合は、この氷厚の差がイベントによるものか底面融解によるものかを明瞭にすることが難しい。しかし、GLから35 kmから下流では氷厚の変化がほぼ一様であり、5 km当たりの氷厚の変化率は単回帰分析により0.15 mと求められた。つまり、氷床接地線から35 kmから下流における底面融解の影響は顕著に見られず、図3において見られたGLから55 kmと60 km下流の地点における氷厚の差は、2018年に発生した定着氷の崩壊および浮氷舌の流出に起因すると考えられた。

以上から、本研究によるCryoSat-2/SIRALデータを用いた氷厚推定は、経年変化や流出イベントを考慮した結果を得られるため、将来的な白瀬氷河の高精度な質量収支の見積もりに貢献できると期待できる。

<引用文献>

- Aoki, S.: Breakup of land-fast sea ice in Lützow-Holm Bay, East Antarctica, and its teleconnection to tropical Pacific sea surface temperatures. *Geophys. Res. Lett.* Vol. 44, 3219–3227, 2017.
- Hirano, D., T. Tamura, K. Kusahara, K. I. Ohshima, K. W. Nicholls, S. Ushio, D. Simizu, K. Ono, M. Fujii, Y. Nogi, and S. Aoki: Strong ice-ocean interaction beneath Shirase Glacier Tongue in East Antarctica. *Nature Communications*, DOI: 10.1038/s41467-020-17527-4, 2020.
- Nakamura, K., K. Doi, K. Shibuya: Estimation of seasonal changes in the flow of Shirase Glacier using JERS-1/SAR image correlation. *Polar Science*, vol. 1, pp. 73–83, 2007.
- Nakamura, K., S. Aoki, T. Yamanokuchi, T. Tamura and K. Doi: Validation for ice flow velocity variations of Shirase Glacier derived from PALSAR-2 offset tracking. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol.15, pp. 3269–3281, DOI: 10.1109/JSTARS.2022.3165581, 2022a.
- Nakamura, K., S. Aoki, T. Yamanokuchi and T. Tamura: Interactive movements of outlet glacier tongue and landfast sea ice in Lützow-Holm Bay, East Antarctica, detected by ALOS-2/PALSAR-2 imagery. *Science of Remote Sensing*, DOI: 10.1016/j.srs.2022.100064, 2022b.
- Kusahara, K., D. Hirano, M. Fujii, A.D. Fraser, T. Tamura: Modeling intensive ocean–cryosphere interactions in Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Cryosphere Discuss.* <https://doi.org/10.5194/tc-2020-240>, 2020.
- Ohshima, K.I., T. Takizawa, S. Ushio and T. Kawamura: Seasonal variations of the Antarctic coastal ocean in the vicinity of Lützow-Holm Bay. *J. Geophys. Res.* 101 (C9), 20617–20628, 1996.
- Satake, Y. and K. Nakamura: Temporal variations in ice thickness for Shirase Glacier derived from Cryosat-2/SIRAL data, *Remote Sensing*, vol.15, no.5, DOI: 10.3390/rs15051205, 2023.
- Ushio, S., H. Wakabayashi and F. Nishio: Sea ice variation in Lützow-Holmbukta, Antarctica, during the last fifty years. *Seppyo*, vol. 68, pp. 299–305, 2006.
- Yaginuma, S. and K. Nakamura: Relationship between ice flow velocity of Shirase Glacier and its surrounding landfast ice derived from ALOS-2/PALSAR-2. *Proc 73rd Autumn Conf Remote Sens. Jpn*, pp. 269–270, 2022.

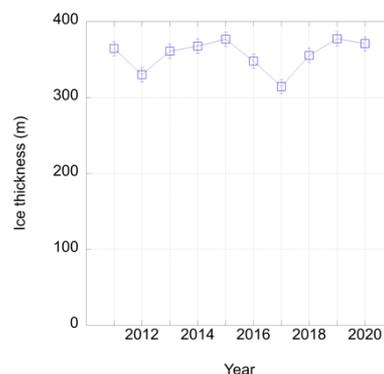


図4 GLから30 km下流の地点における氷厚の経年変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Nakamura Kazuki, Aoki Shigeru, Yamanokuchi Tsutomu, Tamura Takeshi, Doi Koichiro	4. 巻 15
2. 論文標題 Validation for Ice Flow Velocity Variations of Shirase Glacier Derived From PALSAR-2 Offset Tracking	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 3269 ~ 3281
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/JSTARS.2022.3165581	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Kazuki, Aoki Shigeru, Yamanokuchi Tsutomu, Tamura Takeshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Interactive movements of outlet glacier tongue and landfast sea ice in L?tzow-Holm Bay, East Antarctica, detected by ALOS-2/PALSAR-2 imagery	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 100064 ~ 100064
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.srs.2022.100064	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Satake Yurina, Nakamura Kazuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Temporal Variations in Ice Thickness of the Shirase Glacier Derived from Cryosat-2/SIRAL Data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1205 ~ 1205
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/rs15051205	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 佐竹祐里奈, 中村和樹
2. 発表標題 CryoSat-2/SIRALを用いた白瀬氷河浮氷舌の東西流線における氷厚分布
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第75回学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大川翔太郎, 土井浩一郎, 青山雄一, 中村和樹
2. 発表標題 白瀬氷河における流動速度変動と冰山座礁の流動速度への影響
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第75回学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村和樹, 佐竹祐里奈, 山之口勤, 青木茂
2. 発表標題 人工衛星データから得られた白瀬氷河下流域における流動速度と氷厚の関係
3. 学会等名 雪氷研究大会 (2023・郡山)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐竹祐里奈, 中村和樹
2. 発表標題 白瀬氷河における東西流線の違いによる氷厚の非対称性
3. 学会等名 雪氷研究大会 (2023・郡山)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐竹祐里奈, 中村和樹
2. 発表標題 CryoSat-2/SIRAL データを用いた白瀬氷河の氷厚推定
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第73回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐竹祐里奈、中村和樹
2. 発表標題 CryoSat-2/SIRAL データを用いた白瀬氷河の氷厚推定
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第73回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳沼将太、中村和樹
2. 発表標題 ALOS-2/PALSAR-2による白瀬氷河の流動速度と氷河を取り囲む定着氷の関係
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第73回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大川翔太郎、土井浩一郎、中村和樹、青山雄一、永井裕人
2. 発表標題 白瀬氷河流動速度の季節変動に及ぼす周辺定着氷の厚さの影響について
3. 学会等名 雪氷研究大会(2022・札幌)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shotaro Ohkawa, Koichiro Doi, Kazuki Nakamura, Yuichi Aoyama and Hiroto Nagai
2. 発表標題 The flow velocity changes of the Antarctic Shirase Glacier in 2018-2021 observed by Sentinel-1
3. 学会等名 The 10th SCAR Open Science Conference of 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yurina Satake and Kazuki Nakamura
2. 発表標題 Ice thickness estimation of Shirase Glacier derived from Cryosat-2/SIRAL data
3. 学会等名 International Symposium on Remote Sensing 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐竹祐里奈, 中村和樹
2. 発表標題 CryoSat-2/SIRALによる白瀬氷河の水厚推定
3. 学会等名 令和3年度情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuki Nakamura, Shigeru Aoki, Tsutomu Yamanokuchi, Takeshi Tamura and Koichiro Doi
2. 発表標題 Validation for ice flow velocity of Shirase Glacier derived from PALSAR-2 image correlation
3. 学会等名 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shotaro Ohkawa, Koichiro Doi, Kazuki Nakamura, and Hiroto Nagai
2. 発表標題 Estimation of Shirase Glacier flow velocity from 2018 to 2021 using Sentinel-1 data
3. 学会等名 The 12th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳沼将太, 中村和樹
2. 発表標題 白瀬氷河の流動速度推定における画像相関法の偏波特性
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第71回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大川翔太郎, 土井浩一郎, 中村和樹, 永井裕人
2. 発表標題 Seneintl-1 SAR データを用いた2018年から2021年における白瀬氷河流動速度推定
3. 学会等名 日本測地学会第136回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shotaro Ohkawa, Koichiro Doi, Kazuki Nakamura and Hiroto Nagai
2. 発表標題 Flow velocity and thinning rate of Shirase Glacier using satellite data
3. 学会等名 International Symposium on Remote Sensing (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田洋一, 西島潤, 風間卓仁, 中村和樹, 土井浩一郎, 菅沼悠介, 奥野淳一, 新谷昌人, 金田平太郎, 青山雄一, 三浦英樹
2. 発表標題 新学術研究「固体地球と氷床の相互作用」5年間の活動報告
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田洋一, 西島潤, 風間卓仁, 中村和樹, 土井浩一郎, 菅沼悠介, 奥野淳一, 新谷昌人, 金田平太郎, 青山雄一, 三浦英樹
2. 発表標題 新学術研究「固体地球と氷床の相互作用」5年間の活動報告
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本リモートセンシング学会	4. 発行年 2022年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 758
3. 書名 リモートセンシング事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>現在までの白瀬氷河の流動 http://www.cs.ce.nihon-u.ac.jp/%7Enakamura/study/Shirase.html</p>
--

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------