

パインアイランド、スウェイツ棚氷への高温水塊の流入経路の解明

～南極最大の氷損失域における棚氷海洋相互作用の理解～

ポイント

- ・南極で最も海面上昇に寄与しているアムンゼン海東部について超高解像度の海洋モデルを開発。
- ・パインアイランド、スウェイツ棚氷への高温の水塊の流入経路の解明。
- ・海洋モデルでパインアイランド棚氷の融解量を再現。棚氷下部の海洋循環の重要性を示唆。

概要

北海道大学低温科学研究所の中山佳洋助教らの研究グループは、南極沿岸域で最も海面上昇に寄与している二つの棚氷*¹（パインアイランド棚氷とスウェイツ棚氷）に着目して、東アムンゼン海の超高解像度海洋モデルを開発しました。

南極大陸には、地球上の氷の約 90%が存在し、南極の氷が全て融解すると海水準は約 60m上がるとされています。南極の氷は、その上に雪が降り積もることで形成され、徐々に大陸沿岸部へと流れ、一部の地域では海へと流れ込みます。その中でもアムンゼン海東部では、多量の氷が南極大陸上から海へと流出し、南極氷床*²による海面上昇の寄与の約 70%に相当します。南極氷床から海への氷の流出は、温かい海水が棚氷下部へ流入することによって引き起こされます。そのため、どのように南極沿岸域の海が棚氷融解を引き起こしているかを理解することが、南極氷床による海面上昇を予測するために必要な課題となっています。

研究グループが開発した超高解像度海洋モデルは、南極沿岸/棚氷域に着目した既存の海洋モデルと比較しても 3-4 倍以上細かい世界最高の空間解像度を実現し、モデル結果から(1)パインアイランド、スウェイツ棚氷への高温の水塊の流入経路(2)融解量を決める上での棚氷下部の海洋循環の重要性などが明らかになりました。さらに、棚氷の融解量をモニタリングするために必要な海洋観測も示唆されました。観測データの限られる南極沿岸域において、観測データの再現性の高い海洋モデルを開発し、その結果をもとに、現実の海洋で起きていることを理解するという研究は、棚氷融解量、将来的な南極による海面上昇の見積もりを精緻化する上で必要不可欠です。

本研究成果は、2019 年 11 月 22 日（金）公開の英国の科学誌である Scientific Reports 電子版に掲載されました。なお、本研究は、NASA ジェット推進研究所との共同研究として実施されました。

【背景】

南極大陸には、地球上の氷の約 90%が存在し、南極の氷が全て融解すると海水準は約 60m上がるとされています。南極の氷は、その上に雪が降り積もることで形成され、徐々に大陸沿岸部へと流れ、一部の地域では海へと流れ込みます（図 1）。

その中でもアムンゼン海東部では、多量の氷が南極大陸上から海へと流出し、南極氷床による海面上昇の寄与の約 70%に相当します。南極から海への氷の流出は、温かい海水が棚氷下部へ流入することによって引き起こされます。温かい海水の棚氷下部への流入は、棚氷の融解/薄化、棚氷による氷河流動をせき止める効果の弱化、氷河流動の加速、大規模な南極氷床の海洋への流出を引き起こし、南極大陸上から海への氷の流出につながります。棚氷は、湾内など囲まれた領域に形成されやすく、氷河の流れを塞ぎ止める効果があることから、南極からの氷の流出を抑制する"栓"と例えられることがあります。例えば、もし、ある氷河の棚氷が瞬間的に失われてしまえば、氷河の流動を止めている"栓"が失われてしまうので、上流部の氷河の流れは急激に加速して、大量の氷が海へと流出してしまうこととなるのです。そのため、どのように南極沿岸域の海が棚氷融解を引き起こしているかを理解することが、将来的な南極による海面上昇を予測するために必要な課題となっています。

このような背景から、1994 年以降、アメリカ、イギリス、ドイツ、スウェーデン、韓国などの国際的な協力のもと、アムンゼン海における海洋、氷床観測が実施されてきました。また、2008 年以降、海外の複数の研究グループによってアムンゼン海の海洋モデル（図 2）も開発され、観測データと統合的な結果を得ることで、アムンゼン海内部の大規模な循環についての理解が得られてきました。しかし、海洋による棚氷の融解は、接地線*³と呼ばれる氷河と棚氷の境界部の非常に狭い範囲で高い値をとることが知られており、そういった場所への高温の水塊の流入経路などは、空間解像度が粗すぎたため、これまでの海洋モデルでは解像されず、観測結果と統合的な結果を数値モデルで得ることはできていませんでした。観測データの限られる南極沿岸域において、観測結果と統合的な海洋モデルを開発し、そのモデルを解析することは、現実の海でどのような海洋物理プロセスが重要なのかという理解につながり、南極氷床による海面上昇への寄与をより現実的に見積もり、将来予測を精緻化する上で欠かせません。

【研究手法】

本研究では、特に、棚氷融解量、南極大陸からの氷の流出（海面上昇への寄与）が大きい二つの棚氷（パインアイランド棚氷とスウェイツ棚氷（図 2））に着目して、東アムンゼン海域の超高解像度海洋モデルを開発しました。開発した海洋モデルの空間解像度（水平 200m、鉛直 10m）は、従来のもの比べて 4-5 倍以上細かく、モデル結果は、海洋観測データや氷河観測データと統合的な結果を示し、現実の海で起きている海洋プロセスをある程度再現していることが確かめられました。

【研究成果】

この結果を解析することで、高温の水塊は、水深 500-1000m の等深線を沿ってパインアイランド、スウェイツ棚氷下部へと流入し、棚氷融解量の大きい棚氷の接地線付近へと運ばれていることがわかりました（図 3）。これより、高温の水塊の経路上で海洋観測を実施することで、パインアイランド、スウェイツ棚氷の融解量をモニタリングすることができることが示唆されました。

また、棚氷底面の形状は複雑で、これまでの海洋モデルでは、棚氷融解の空間分布は、よく解像されていませんでしたが、本研究では人工衛星から得られる棚氷融解量の空間分布をよく再現することに成功しました（図 4）。さらに、モデルの結果を解析することで、接地線付近の高棚氷融解によって

駆動される棚氷下部の海洋循環によって、棚氷融解量が強くコントロールされていることが示され、海洋循環の重要性が強く示唆されました。

【今後への期待】

本研究では、これまで海洋モデルでは解像されてこなかった、棚氷下部の海洋のプロセスや海洋棚氷相互作用に着目して、海洋モデルを開発しました。観測データの限られる極域の海洋において、観測された海洋の状態をできる限り海洋モデルを用いて再現することで、現実の海洋で何が起きているのかを理解することは、南極氷床による海面上昇への寄与のより現実的な見積もり、将来予測を精緻化につながります。また、極域の現場観測は非常に困難で限られる極域海洋において、再現性の高い海洋モデルは、時間変動する様々な海洋のパラメータを全て出力することができることから、海洋観測の計画や、海洋物理学、海洋化学、海洋生物学、雪氷学といった様々な分野の研究に利用されることが期待されます。

論文情報

論文名	Pathways of ocean heat towards Pine Island and Thwaites grounding lines (パインアイランド、スウェイツ棚氷下部への高温の水塊の流入経路の解明)
著者名	中山佳洋 ^{1,2} , Georgy Manucharyan ³ , Hong Zhang ² , Pierre Dutrioux ⁴ , Hector S. Torres ² , Patrice Klein ² , Helene Seroussi ² , Michael Schodlok ² , Eric Rignot ^{2,5} , Dimitris Menemenlis ² (¹ 北海道大学低温科学研究所, ² NASA ジェット推進研究所, ³ ワシントン大学, ⁴ コロンビア大学, ⁵ カリフォルニア大学アーバイン校)
雑誌名	Scientific Reports
公表日	2019年11月22日(金)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 助教 中山佳洋 (なかやまよしひろ)

T E L 011-706-7432/5480 F A X 011-706-7364 メール Yoshihiro.Nakayama@lowtem.hokudai.ac.jp

U R L <http://www.woa.ees.hokudai.ac.jp/people/nakayama/>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】

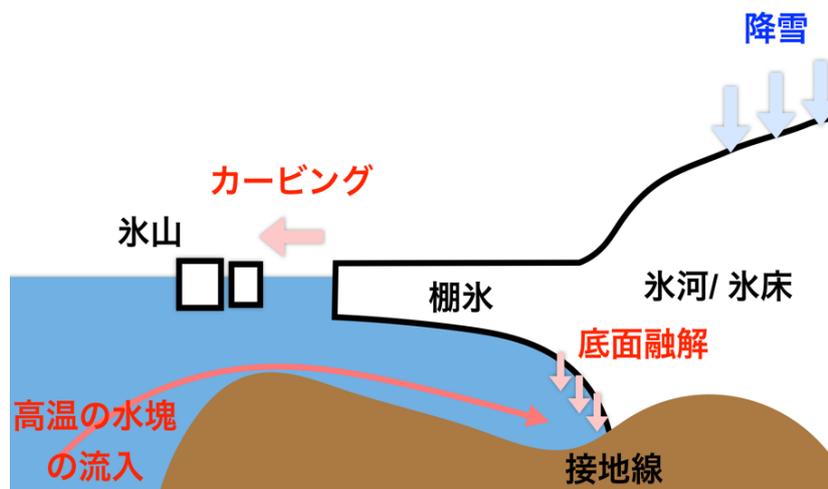


図 1. 南極の質量収支を表す概略図。

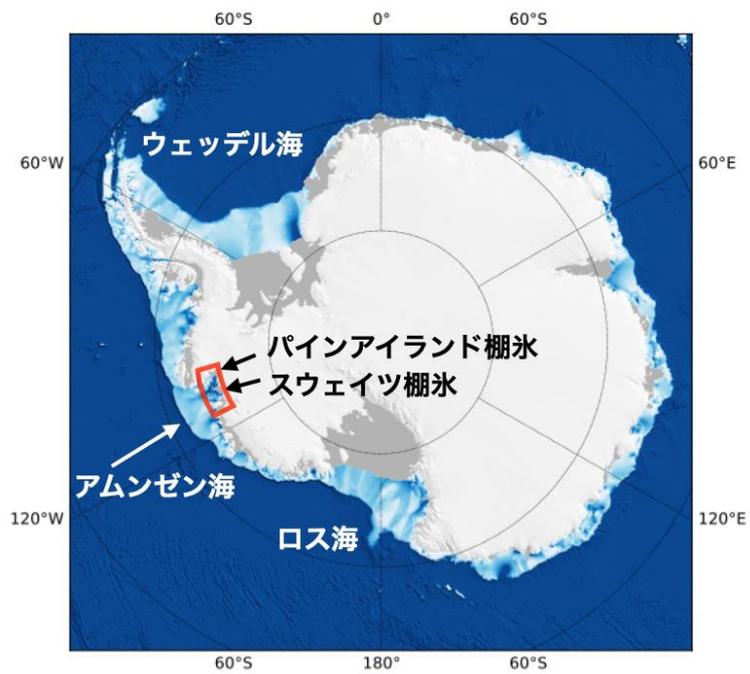


図 2. 海底地形と南極沿岸域，南極沿岸域にある棚氷の地名，開発を行ったモデルの領域（赤）。

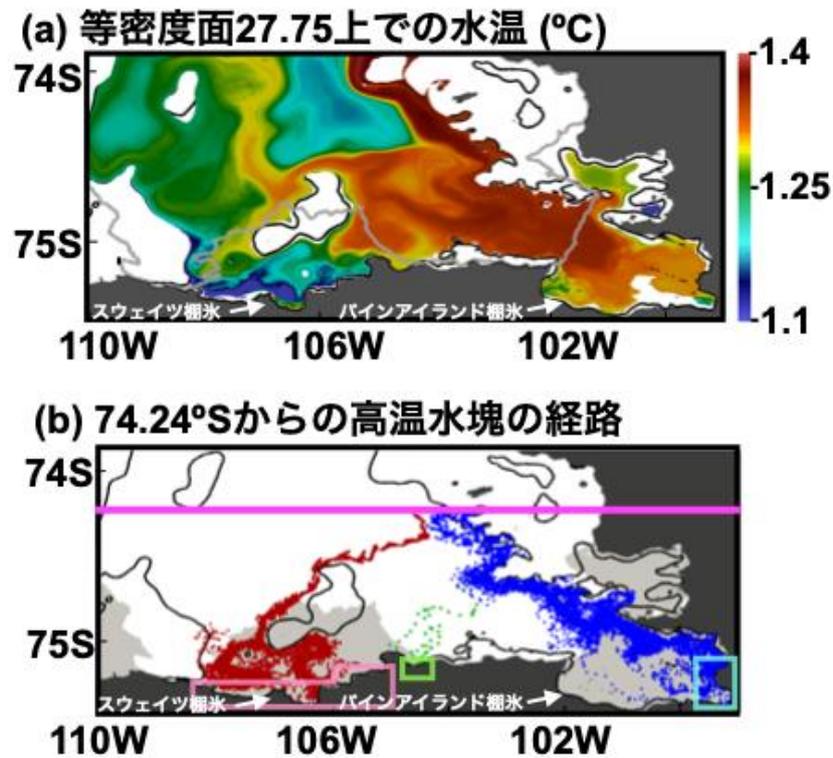


図 3. (a)海洋モデルで再現された 27.75 等密度面上のポテンシャル水温 (b) 海洋モデルで再現された高温の水塊のパインアイランド棚氷 (青), スウェイツ棚氷東部 (緑), 西部 (赤) への経路。(a)では棚氷と海の境界を灰色の線で示している。(b)では, ピンクの線上において, 高温の水塊が存在するポテンシャル密度 27.75 上に粒子を配置し, モデル内部で粒子の移動経路の計算を行うことで, 高温の水塊の経路を示している。

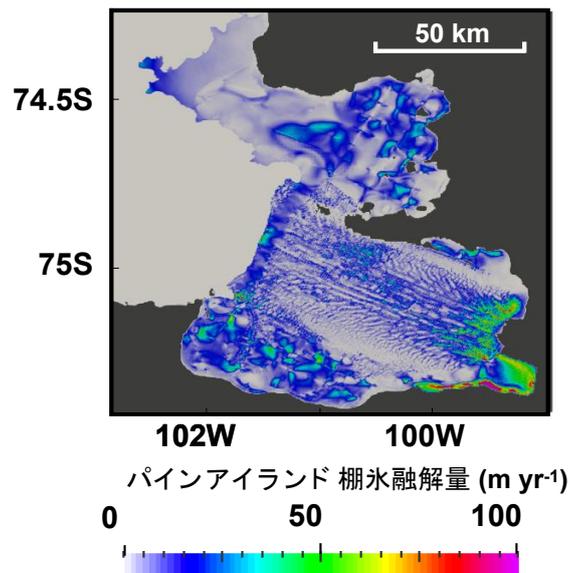


図 4. 数値モデルで再現されたパインアイランド棚氷の融解量。棚氷融解量が筋状の空間分布を示し, 人工衛星を用いた観測とも整合的な結果となっている。

【用語解説】

- * 1 棚氷 … 氷が海へと押し出され、陸上から連結して洋上にある氷のこと。

- * 2 南極氷床 … 南極大陸上に存在する氷の塊で、地球上の氷の約 90%が存在する。南極の氷が全て融解すると海水準は約 60m上がるとされている。南極大陸上の平均的な氷の厚さは約 2000m となる。

- * 3 接地線 … 氷河と棚氷の境界部のこと。