

グリーンランド北西部 Bowdoin 氷河における 末端位置の変動と海底地形の関係

Influence of ocean bed geometry on the ice front variations of Bowdoin Glacier, northwestern Greenland

浅地 泉 (北海道大学 大学院環境科学院 低温科学研究所)

榊原大貴 (北海道大学 北極域研究センター)

山崎新太郎 (北見工業大学 社会環境工学領域)

杉山 慎 (北海道大学 低温科学研究所)

Izumi Asaji, Daiki Sakakibara, Shintaro Yamasaki, Shin Sugiyama

1. はじめに

グリーンランド氷床は近年質量を大きく損失している¹⁾。そして、海洋に流れ出すカービング氷河における氷損失が、グリーンランド氷床の質量損失に大きく寄与していることが多くの研究からも明らかとなった²⁾。特に氷床南部では2000年以降カービング氷河の急速な後退や流動加速による氷質量の損失が報告され、氷床北部でも氷質量の損失が報告されている。しかし、グリーンランド北部では南部と比較して観測例が少ない現状にある。したがって、カービング氷河の変化が氷床北部での質量損失に果たす役割の詳細は明らかとなっていない。そこでカービング氷河の末端付近における変動とそのメカニズムを明らかにするために、2013年よりグリーンランド北西部の Bowdoin 氷河で野外観測と衛星観測を行っている³⁾。本研究では、Bowdoin 氷河において人工衛星データを用いて2000年から2016年までの末端位置変動を測定し、2016年7月に現地で行った氷河前フィヨルドの海底地形調査のデータと共に解析を行った。

2. 観測手法

2.1 観測地

Bowdoin 氷河 (77°41'N, 68°35'W) は、グリーンランド北西部に位置する幅約3 km のカービ

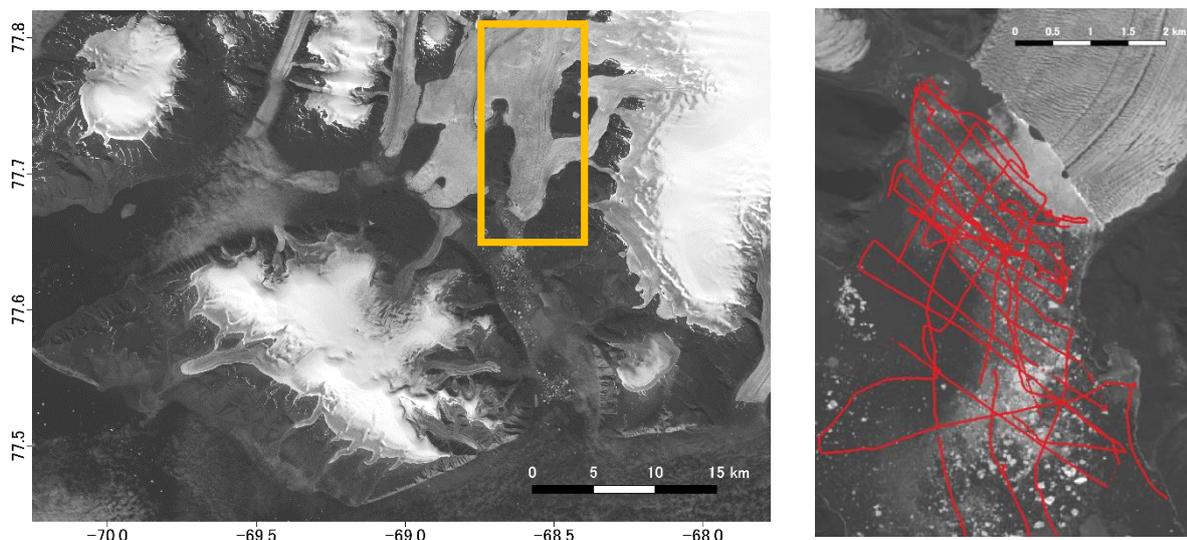


図1. (a) 観測地周辺の衛星画像。Bowdoin 氷河を黄色の枠で示す。 (b) Bowdoin 氷河末端部の衛星画像に海底地形測量の航路図を示す。衛星画像は2016年7月14日撮影の Landsat8 の画像。

ング氷河である (図1a). 本研究では, 2016年7月に Bowdoin 氷河上で氷厚の測定を, 末端前縁に広がるフィヨルドでは海底地形測量を行った.

2.2 衛星画像解析による末端位置の変動

アメリカ地質調査所が配布する Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus と Landsat 8 Operational Land Imager センサーにより取得された人工衛星画像を使用した. 解析には, 2000年から2016年までに取得された, 画像中の雲が占める割合が60%未満のものを使用した. そして地理情報システムソフトウェア (QGIS) を用いて画像を解析し, 氷河末端位置を PC スクリーン上での目視判別により抽出した.

2.3 海底地形測量

氷河前のフィヨルドでは, 長さ6 m の小型船に Lowrance 社製の HDS-9 Gen2ソナーを取り付け, 海底地形の測深を行った. 航路図を図1bに赤線で示す. 船速10~12 km/h で航行しながら, 毎秒データを取得した.

2.4 氷河下の基盤地形

オハイオ大学製氷レーダを用いて, 氷河上の約200の地点で氷厚の測定を行った. そして, 氷厚の値を差し引くことで基盤の標高を求めた.

2.5 表面標高の変化

NASA の Terra 衛星に搭載されている ASTER によって2001年から2012年までに撮影したステレオペア画像によって DEM (digital elevation model) が作成・公開されている. 本研究ではこのデータを入力し使用した. DEM の分解能は30 m である.

3. 結果

3.1 末端位置と海底地形

2008年から2016年までの氷河末端位置と, 2016年夏の観測により得られた海底地形を図2に示す. 末端位置は, 2008年から2011年の間に氷河の西側部分で最大1.7 km 後退した. 一方で, 末端の東側の後退距離は0.4 km であり, 東西で後退距離に差があることが確認された.

氷河前フィヨルドでは, 氷河末端西側と東側で深さが顕著に異なることが明らかとなった. 末端西側では最深部で約270 m のくぼみがあり, そこから東側にかけてまず180 m の丘を越え, 再び220 m まで深くなるという地形が観測された. a-a', b-b' のラインに沿った断面図を図3に示す. a から a' にかけて最深部で約70 m の高低差があることが明らかとなった. また, b-b' の断面図より, 氷河末端に近づくと水深が深くなっており, 水平距離が約2 km で深さ方向に約100 m の高低差があることが確認された.

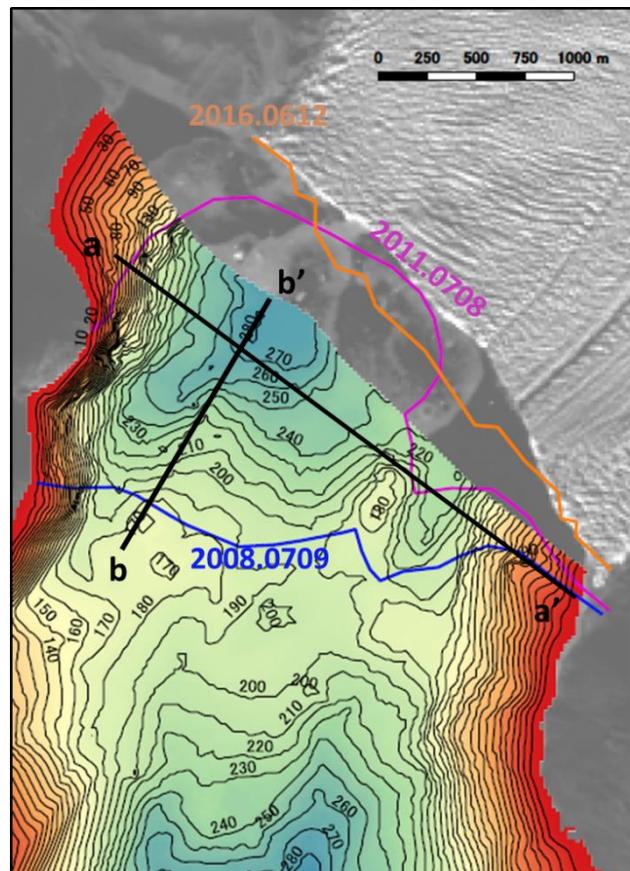


図2 氷河前フィヨルドの海底地形図.

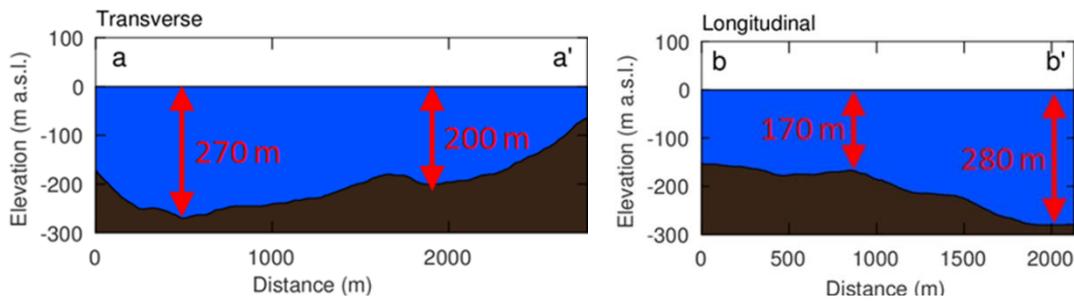


図3 図2に示す a-a', b-b'に沿った海底断面図.

3.2 氷河下の基盤地形

アイスレーダーで氷厚を測定した結果、氷厚は下流から上流に向かって増加し、氷河下流側では約300 m、上流側では400 m を越えていた。氷河末端部分の表面高度を海底地形とともに図4に示す。氷河下の基盤地形でも、氷河前フィヨルドの海底地形と同じく氷河東側よりも西側が20 m 以上深い地形が確認された。

3.3 表面標高変化

氷河の表面標高は、2001年から2012年までに測定地点の平均で21 m 低下した。2009年以降は特に末端部分での変化量が大きい。

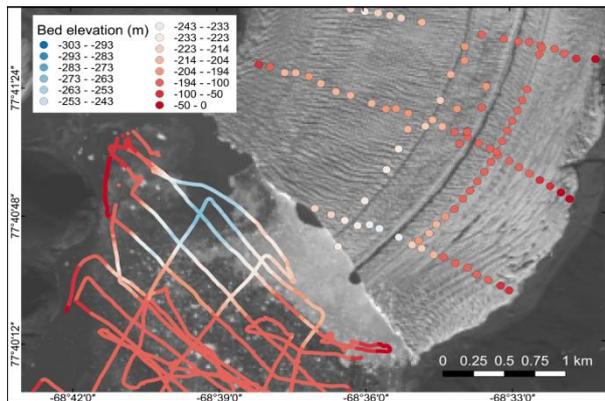


図4 氷河末端部分の海底および氷河底面地形.

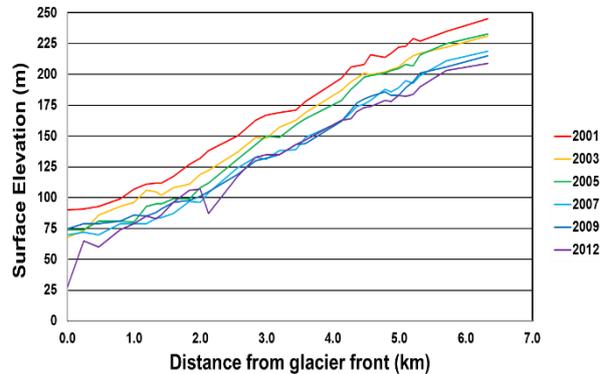


図5 2001年から2012年までの氷河の表面標高.

4. 考察

氷河が2008年から2011年にかけて1.7 km 後退した末端西側の水深は、最も深い地点で270 m に達しているのに対し、比較的後退の少ない（後退距離0.4 km）東側の末端付近の水深は180 m～220 m と浅くなっている。これは、2008年から2011年にかけての末端位置の後退が、氷河末端前縁の海底地形と強く関係していることを示す。

基盤地形において周辺より浅い部分に氷河末端が位置する場合、基盤からの応力が氷河を安定化する効果が提案されている。この仮説に基づくと、この地点からのわずかな後退によって、支えを失った末端が大きくカービングして急速な氷河後退が始まる。Bowdoin 氷河の場合は、末端から約1.5 km に位置する水深150～200 m の海底リッジの上に、少なくとも1950年頃から2008年までの長期間にわたって末端が位置していた。2008年に末端がこのリッジを離れて後退した

ため、基盤から受ける応力が変化し、水深の深い西側部分でより大きな末端後退が起きたと考えられる。

一方末端東側では水深が比較的浅い（180 m 前後）ため、このような効果は小さいと考えられる。このため、氷河の末端を支える応力の変化は小さく、西側で観測されたような大きなカービングと急速な後退が起きなかったと考えられる。

また、氷河下の基盤地形でも氷河の東西で異なる標高を示していることより、今後の後退過程においても東西で後退量に差が出ると予想される。図6に氷河の中央線に沿った断面図を示す。基盤地形の起伏は、2008年～2011年に後退した地域は大きく窪んでいるが、現在氷河底面となっている基盤にはそのような大きな起伏は見られない。したがって、2008年以降に起きたものと同様な急激な後退は、しばらくは見られないと予想される。

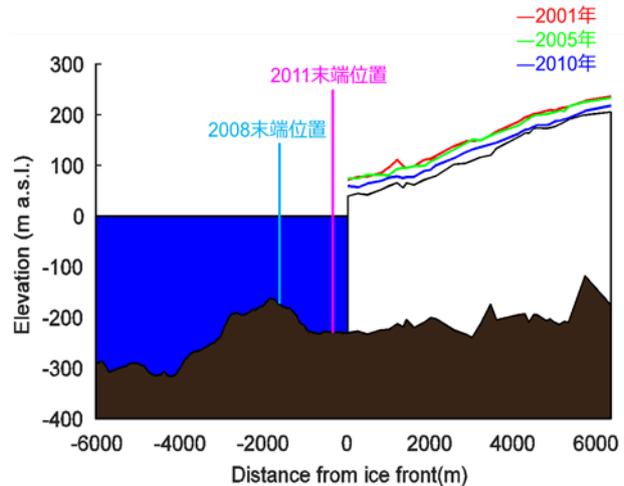


図6 2008年と2011年の末端位置と氷河の中央線に沿った氷河の断面図

5. まとめ

本研究では、グリーンランド北西部 Bowdoin 氷河において末端位置変動を測定し、2016年7月に現地で行った氷河前フィヨルドの海底地形調査でのデータと共に解析を行った。末端位置の変化を海底地形と比較したところ、氷河から約1.5 km 離れた海底の窪みが、氷河後退を加速させた可能性が示唆された。2008年に末端がこのリッジから離れた結果、基盤からの応力が減少し、急速な後退を引き起こしたと考えられる。

6. 謝辞

本研究は ArCS 北極域研究推進プロジェクトの支援を受けて実施した。2016年夏のグリーンランド観測メンバーの協力に感謝する。

【参考文献】

- 1) Rignot, E., I. Velicogna, M. R. Van den Broeke, A. Monaghan, and J. Lenaerts., (2011): Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise. *Geophysical Research Letters*, **38**(5): L05503.
- 2) Ian Joughin, Waleed Abdalati and Mark Fahnestock., (2004): Large fluctuations in speed on Greenland's Jakobshavn Isbræ glacier. *Letters to Nature*, **432**, 608-610.
- 3) Sugiyama, S., Sakakibara, D., Tsutaki, S., Maruyama, M., Sawagaki, T., (2015): Glacier dynamics near the calving front of Bowdoin Glacier, northwestern Greenland. *Journal of Glaciology*, **61**, No.226, 223-232.