

## ALOS/PRISM データの解析によるラングホブデ氷河表面高度測定

福田 武博 (北海道大学大学院 環境科学院)

杉山 慎 (北海道大学 低温科学研究所)

澤柿 教伸 (北海道大学 地球環境科学研究科)

## 1. はじめに

南極氷床の沿岸部に存在する棚氷は、海上に押し出された氷が接地氷床と結合した状態で洋上に浮いているものである。近年報告されている氷床沿岸域の氷河や氷流の流動加速が、棚氷の崩壊に起因する可能性が指摘されている<sup>1)</sup>。また、潮汐が棚氷にかかる浮力を変化させて氷河流動に影響を及ぼすという報告もあり<sup>2)</sup>、沿岸部の氷河流動において棚氷が果たす役割は大きい。また水温上昇などの変化が伝えられる海洋と棚氷との相互作用も併せて理解する必要がある。

そこで我々は第53次南極地域観測において、東南極宗谷海岸のラングホブデ氷河において氷床・棚氷および海洋での観測プロジェクトを計画している。このプロジェクトでは、我々がこれまでに開発してきた熱水掘削システム<sup>3)</sup>による全層掘削を行い、氷河と棚氷の底面・さらには棚氷下の海洋観測を実施し、海洋および海水との相互作用や、融解水の底面流入に起因した流動速度の変化などを明らかにすることを目的とする。本報では、現地での観測に先立って実施した人工衛星データの解析により、ラングホブデ氷河の接地線の位置と、熱水掘削を行う地域の氷厚推定結果を報告する。

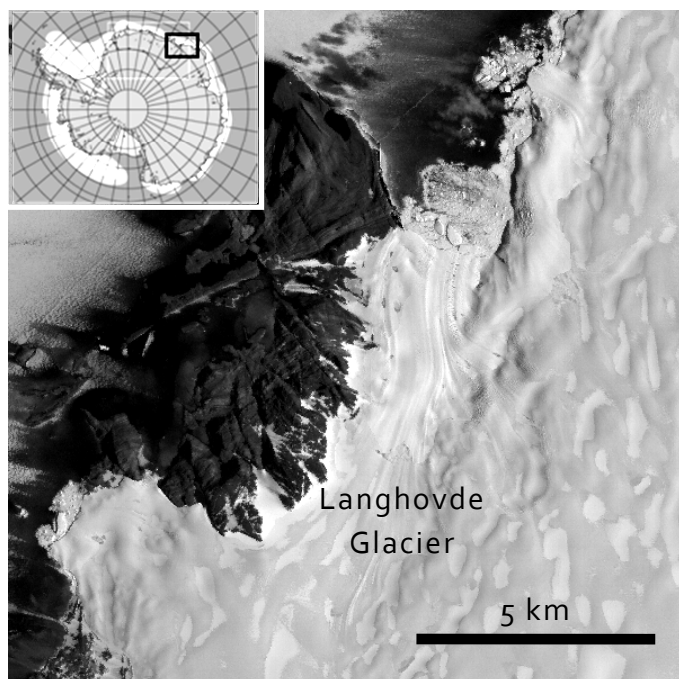


図-1 LIMA (Landsat Image Mosaic of Antarctica) によって配布されている LANDSAT7/ ETM+画像より抽出したラングホブデ氷河。

## 2. 観察地域

東南極宗谷海岸に位置するラングホブデ氷河(69° 11' N, 39° 47' E, 図-1)は、日本の南極観測の拠点である昭和基地の南西およそ 20 km に位置する。本研究ではこの氷河を含む約 15 km 四方の範囲を対象とした。

## 3. ALOS/PRISM について

陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS: Advanced Land Observing Satellite)は、広範囲の環境を高精度に観測することを目的として2006年1月に打ち上げられた。3つのセンサー(PRISM, AVNIR-2, PALSAR)を装備し、地域環境観測、災害被害観測や地形図の作成に成果を上げている。

本研究はそれらセンサーのひとつ、パナクロマチック立体視センサー (PRISM) のデータを使用した。直下視、前方視、後方視の3方向から地表分解能 2.5 m で観測可能なセンサーで、ステレオ視により高精度な数値標高モデル (DEM) を作成するのに用いられている。

#### 4. 解析方法

解析に用いた PRISM データは 2007 年 11 月 19 日に撮影された直下・前方・後方視の3枚の画像である。ステレオ視モニター (PLANER SD2020)、デジタルフォトグラメトリソフトウェア (ERDAS LPS) を使用したデジタル図化機を用いてステレオ視処理を行った。それぞれの PRISM 画像に対し約 30 点の接合点 (タイポイント) を設定して相関をもたせ、接合点の地上座標と標高を決定した。その後、自動処理にて地表面を三角形の集合体で表現する不規則三角網 (TIN: Triangulated Irregular Network) を作成した。氷河下流部から末端部にかけて不規則三角網を手動で修正したのち、観察地域の数値標高モデル (DEM) を作成し、ラングホブデ氷河の表面標高解析を行った。

#### 5. 結果

解析に用いた直下視の PRISM データを背景に、作成した DEM に基づく表面標高の等高線を重ね合わせたものを図-2 に示す。露岩域は不規則三角網の手動修正を行っていないため誤差が残るが、氷河上においては表面標高や末端位置をとらえることができた。同様の解析手法を用いた先行研究<sup>4)</sup>では、最大誤差は±4m 程度と報じられている。氷河末端部は起伏の少ない平坦な表面であることから、ラングホブデ氷河末端は海洋上に張り出す棚氷となっていると考えられる。

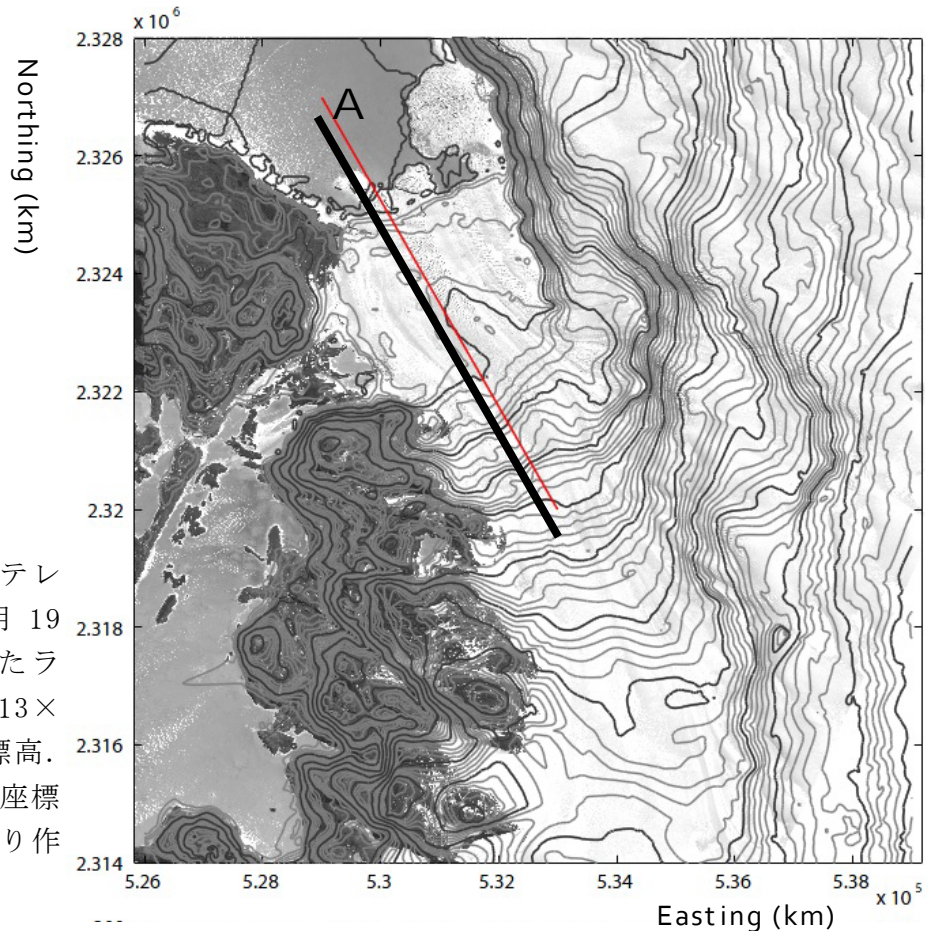


図-2 ALOS/PRISM ステレオ画像 (2007 年 11 月 19 日撮影) より作成したラングホブデ氷河周辺 13×14 km の領域の表面標高。等高線間隔は 10 m、座標系は UTM Zone37D より作成した。

## 6. 考察

図-2 の A 地点を起点とし、実線に沿った氷河流線方向 8000 m の表面標高プロファイルを図-3 に示す。氷河末端部の棚氷になっていると考えられる場所(2500-5000 m)では標高は海拔 50 m 程度でほぼ一定である。また、5500 m 付近において表面傾斜が大きく変化し、上流部に向かうに従って標高が高くなっている。末端部の地形や表面傾斜の変化より<sup>5)</sup>、5500 m 付近がラングホブデ氷河の接地線と考えられる。

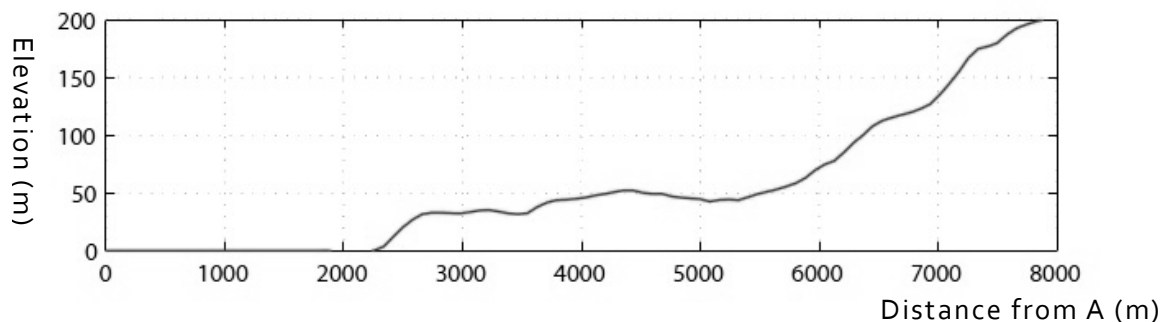


図-3 図-2 の実線に沿った、A 地点より氷河上流部への表面標高プロファイル。5500 m 付近で表面傾斜が大きく変化している。

氷が海水に浮いているとき、海面上と海面下にある氷の厚さをそれぞれ  $t_a$ 、 $t_b$ 、氷と海水の密度をそれぞれ  $\rho_i$ 、 $\rho_w$  とすると、氷の質量とそれに働く浮力の関係から式(1)の関係が成り立つ。

$$\frac{\rho_i}{\rho_w} = \frac{t_b}{t_a + t_b} \quad (1)$$

$\rho_i$ 、 $\rho_w$  はそれぞれ  $920 \text{ kg m}^{-3}$ 、 $1020 \text{ kg m}^{-3}$  程度であることから、氷が海水に浮いた状態にある棚氷の厚さは、海面上に存在する氷の高さの 10 倍程度の厚さをもつ。したがって、棚氷での標高が 50 m 程度であることから、氷厚は 500 m 程度であることが推測される。今回氷河底までの掘削に使用する熱水掘削システムは、パタゴニアのペリート・モレノ氷河において 500 m 超の掘削実績を有する<sup>6)</sup>。そのため、寒冷氷河への対応を施せば氷河底までの掘削が可能な氷厚であると考えられる。

## 7. まとめ

- 2011 年冬、南極沿岸部・ラングホブデ氷河の棚氷部において熱水掘削システムを用いた氷河底観測プロジェクトが計画されている。
- ラングホブデ氷河の接地線の位置や、熱水掘削を行う地域の氷厚を推定するため、ALOS/PRISM 画像の解析を行った。
- デジタル図化機を用いて 2007 年の氷河表面 DEM を作成し、表面傾斜の変化する地点を接地線の位置と推定した。
- 表面標高より、接地線付近での氷厚は 500 m 程度と推定した。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、山之口勤氏(リモート・センシング技術センター)および中村和樹氏(産業技術総合研究所)には、衛星画像の選定や、解析結果の考察などにご協力いただいた。本文を取りまとめるにあたり、ここに深く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) Rignot, E. *and 6 others*, 2004: Accelerated ice discharge from Antarctic Peninsula following the collapse of Larsen B ice shelf. *Geophysical Research Letters*, **31**, L18401, doi 10.1029/2004GL20697.
- 2) Aðalgeirsdóttir, G. *and 6 others*, 2008: Tidal influence on Rutford Ice Stream, West Antarctica: observations of surface flow and basal processes from closely spaced GPS and passive seismic stations. *Journal of Glaciology*, **54** (187), 715-724.
- 3) Tsutaki, S. and S. Sugiyama, 2009: Development of a hot water drilling system for subglacial and englacial measurements. *Bulletin of Glaciological Research*, **27**, 7-14.
- 4) Lamsal, D. *and 2 others*, 2011: Digital terrain modeling using Corona and ALOS PRISM data to investigate the distal part of Imja Glacier, Khumbu Himal, Nepal. *Journal of Mountain Science*, **8**, 390-402, doi:10.1007/s11629-011-2064-0.
- 5) Payne, A.J. *and 4 others*, 2004: Recent dramatic thinning of largest West Antarctic ice stream triggered by oceans. *Geophysical Research Letters*, **31**, L23401, doi 10.1029/2004GL021284.
- 6) Sugiyama, S. *and 7 others*, 2010: Hot-water drilling at Glaciar Perito Moreno, Southern Patagonia Icefield. *Bulletin of Glaciological Research*, **28**, 27-32.