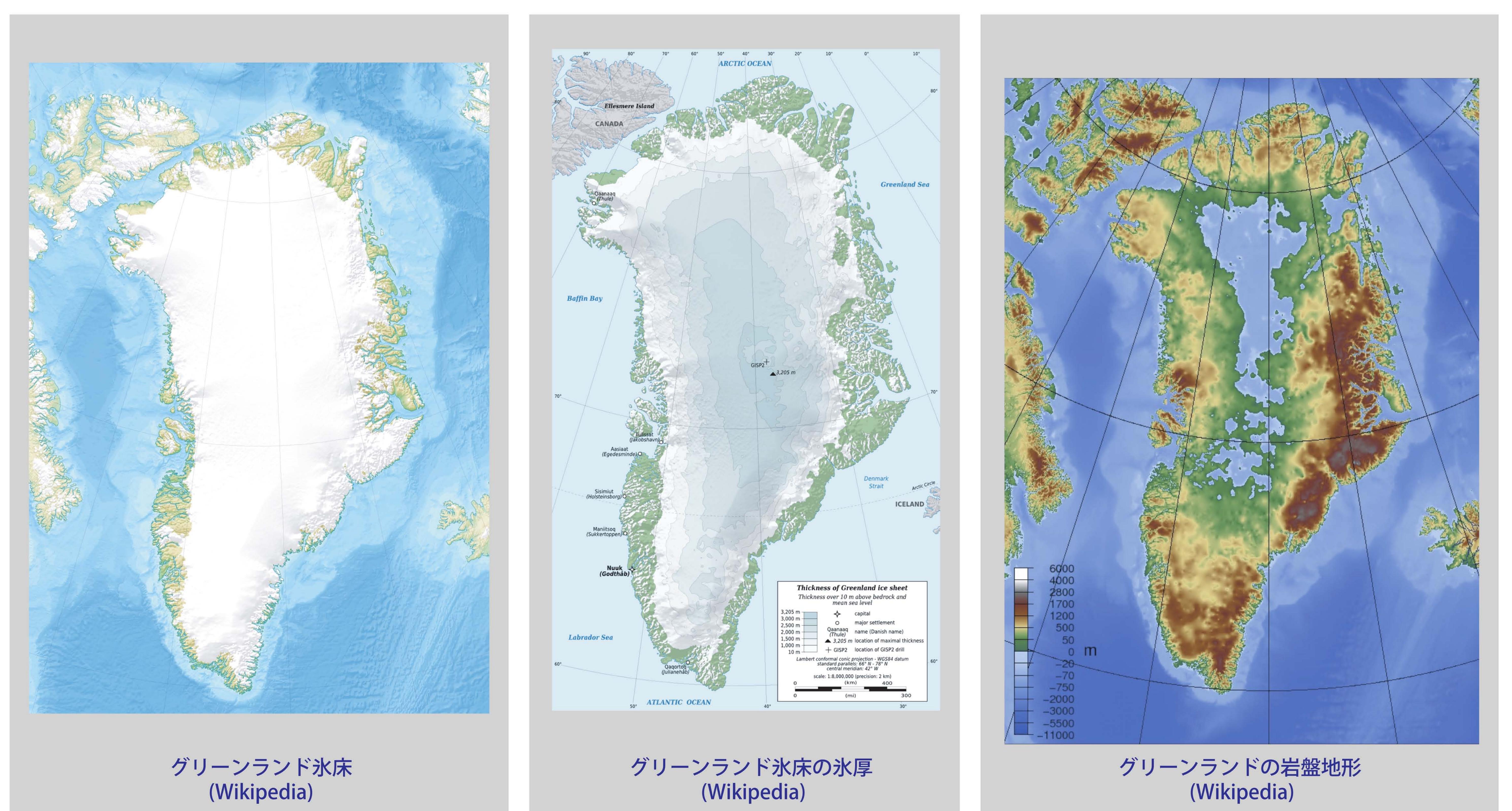


グリーンランド氷床とは？

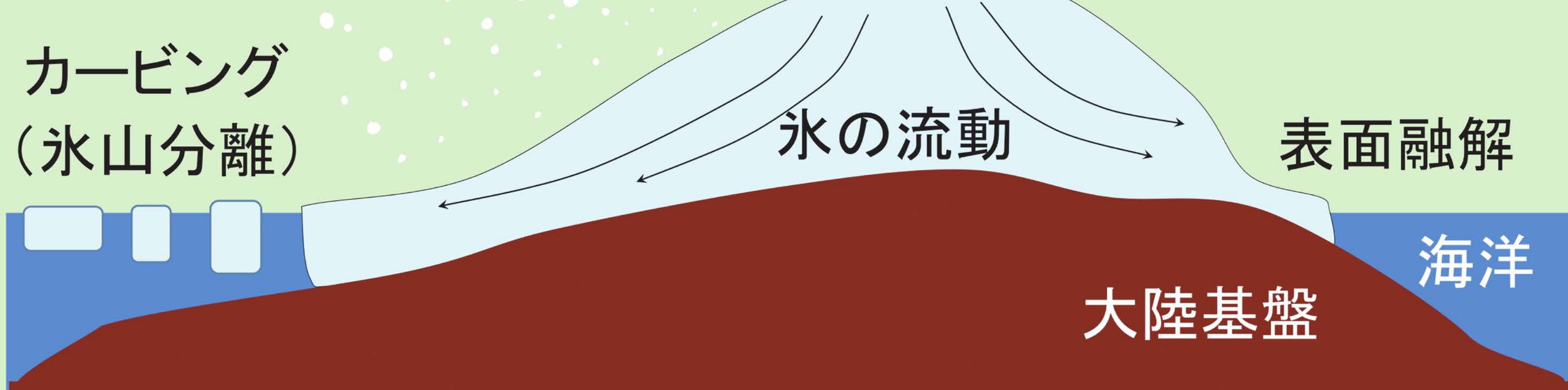
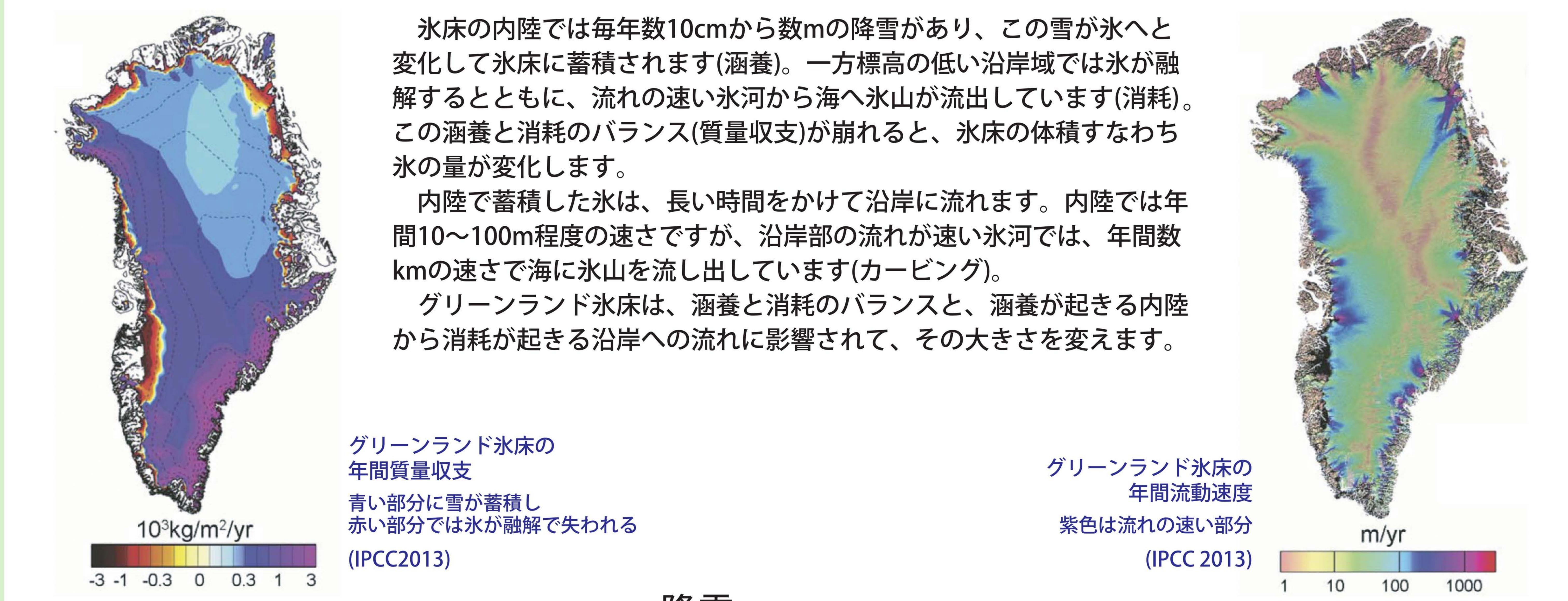
グリーンランドはその80%を氷床に覆われており、氷床の全面積は日本国土の4.5倍に達します。氷の厚さは平均1,700mで、全体積(290万km³)が融けて海に流れ込むと、海水準が約7m上昇する量です。氷床の融解は海水準のみならず、地球規模の海洋循環や海洋生態系に大きな影響を及ぼします。



氷床の内陸では毎年数10cmから数mの降雪があり、この雪が氷へと変化して氷床に蓄積されます(涵養)。一方標高の低い沿岸域では氷が融解とともに、流れの速い氷河から海へ氷山が流出しています(消耗)。この涵養と消耗のバランス(質量収支)が崩れると、氷床の体積すなわち氷の量が変化します。

内陸で蓄積した氷は、長い時間をかけて沿岸に流れます。内陸では年間10~100m程度の速さですが、沿岸部の流れが速い氷河では、年間数kmの速さで海に氷山を流し出しています(カービング)。

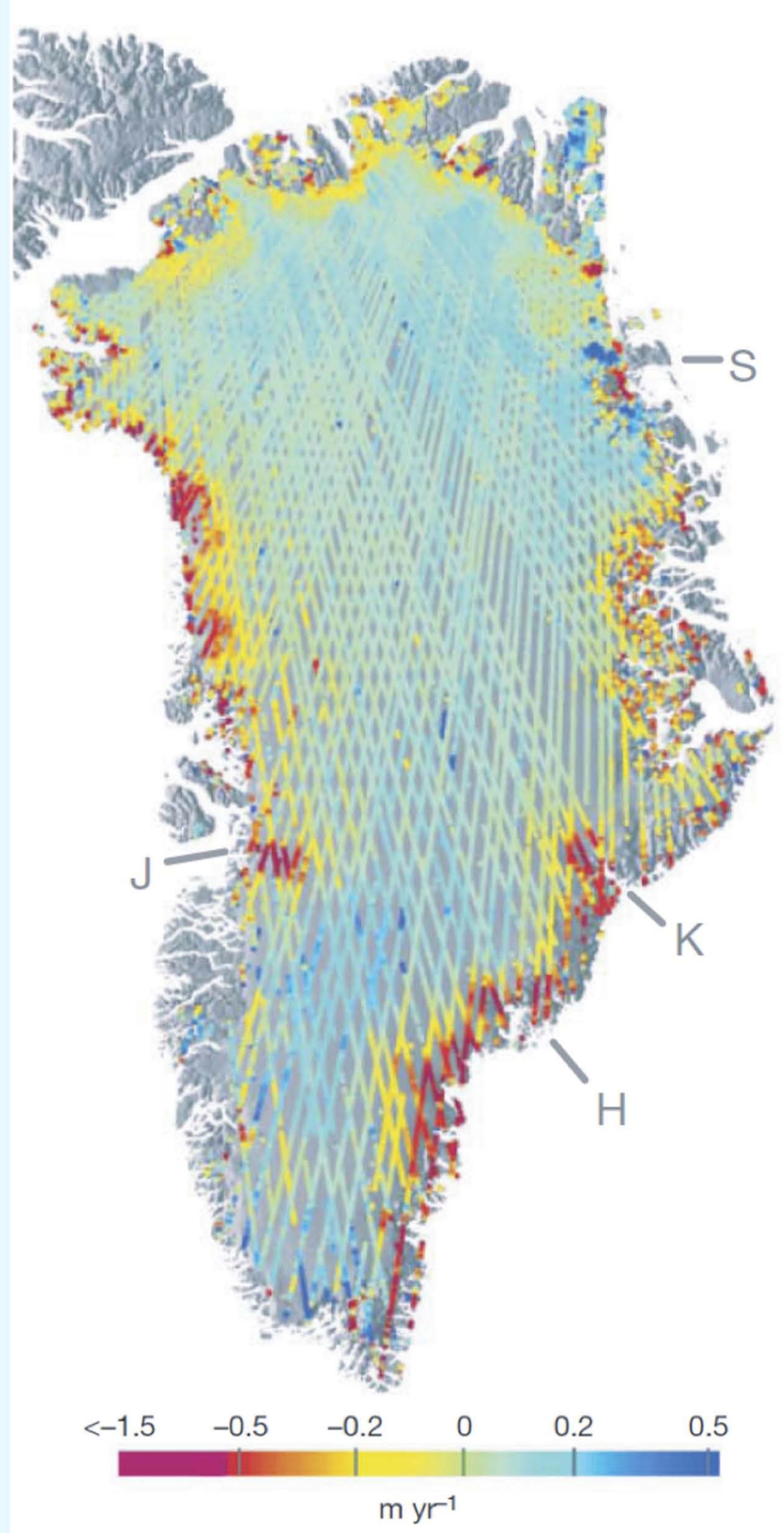
グリーンランド氷床は、涵養と消耗のバランスと、涵養が起きる内陸から消耗が起きる沿岸への流れに影響されて、その大きさを変えます。



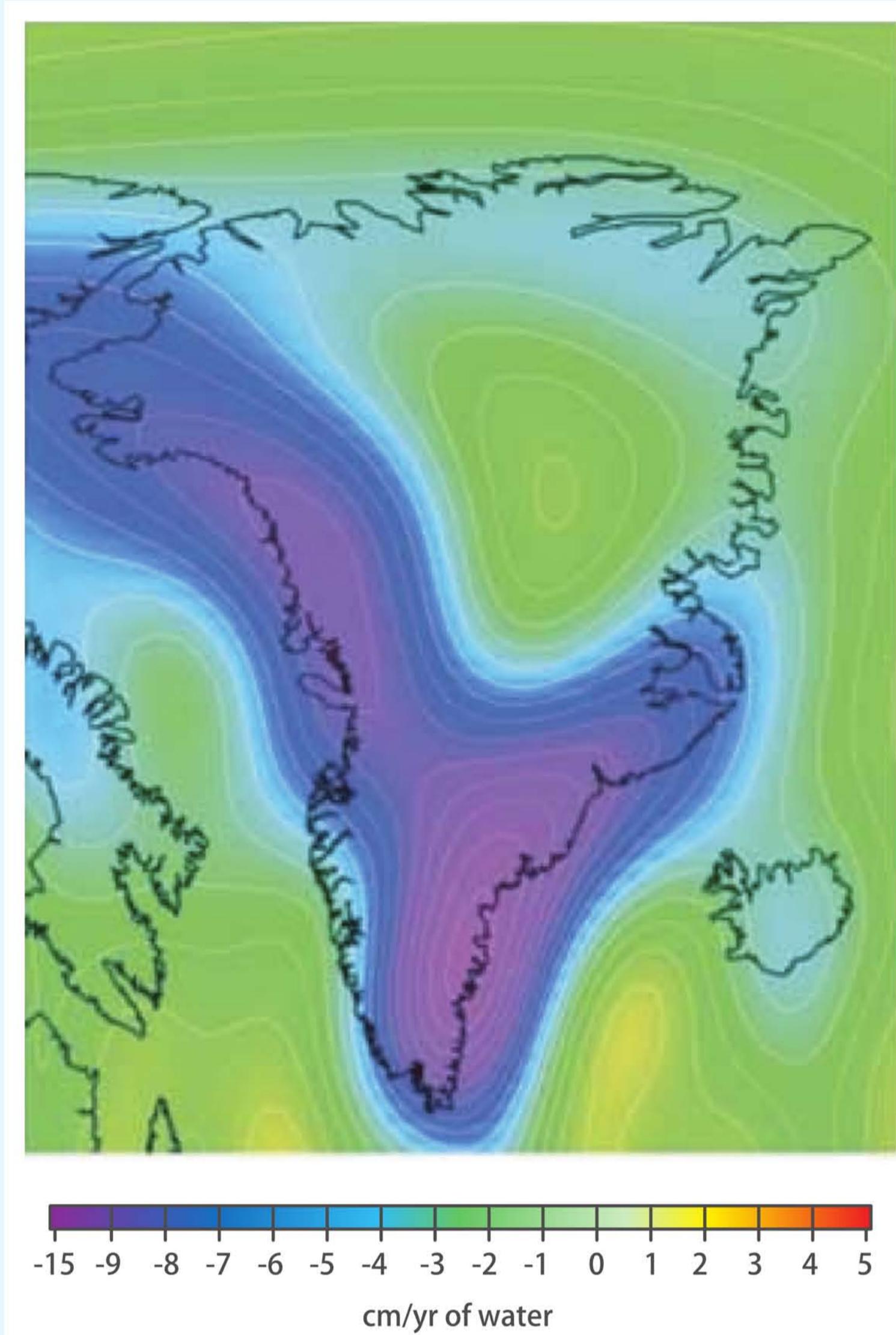
グリーンランド氷床の変動メカニズムを示す模式図

グリーンランドの氷が急速に減少中

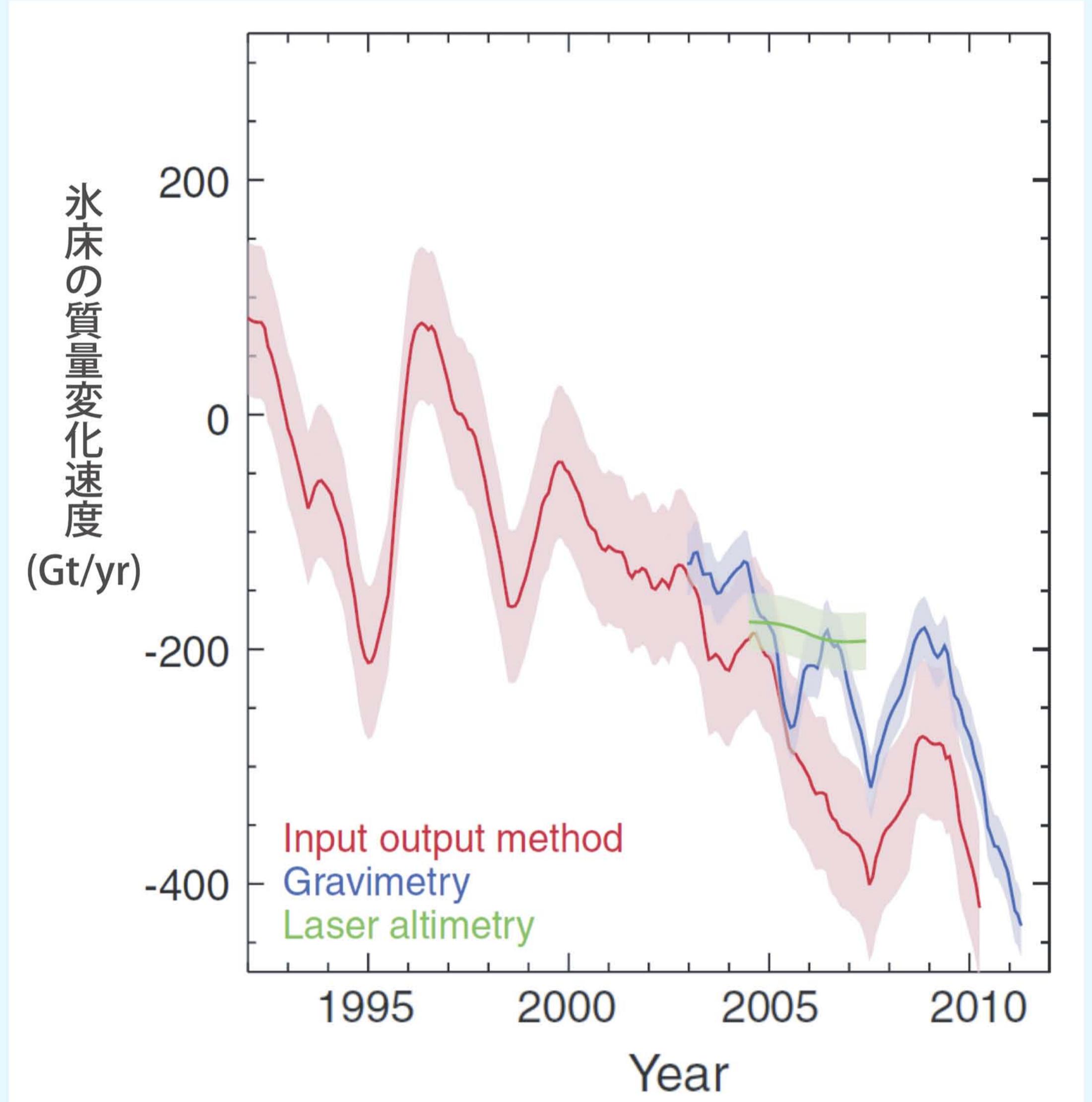
■ 現状



2003-2007年における氷床の表面高度変化
赤い部分で氷が薄くなっている
(アメリカの人工衛星ICESatによる測定結果)
(Pritchard and others, 2009)



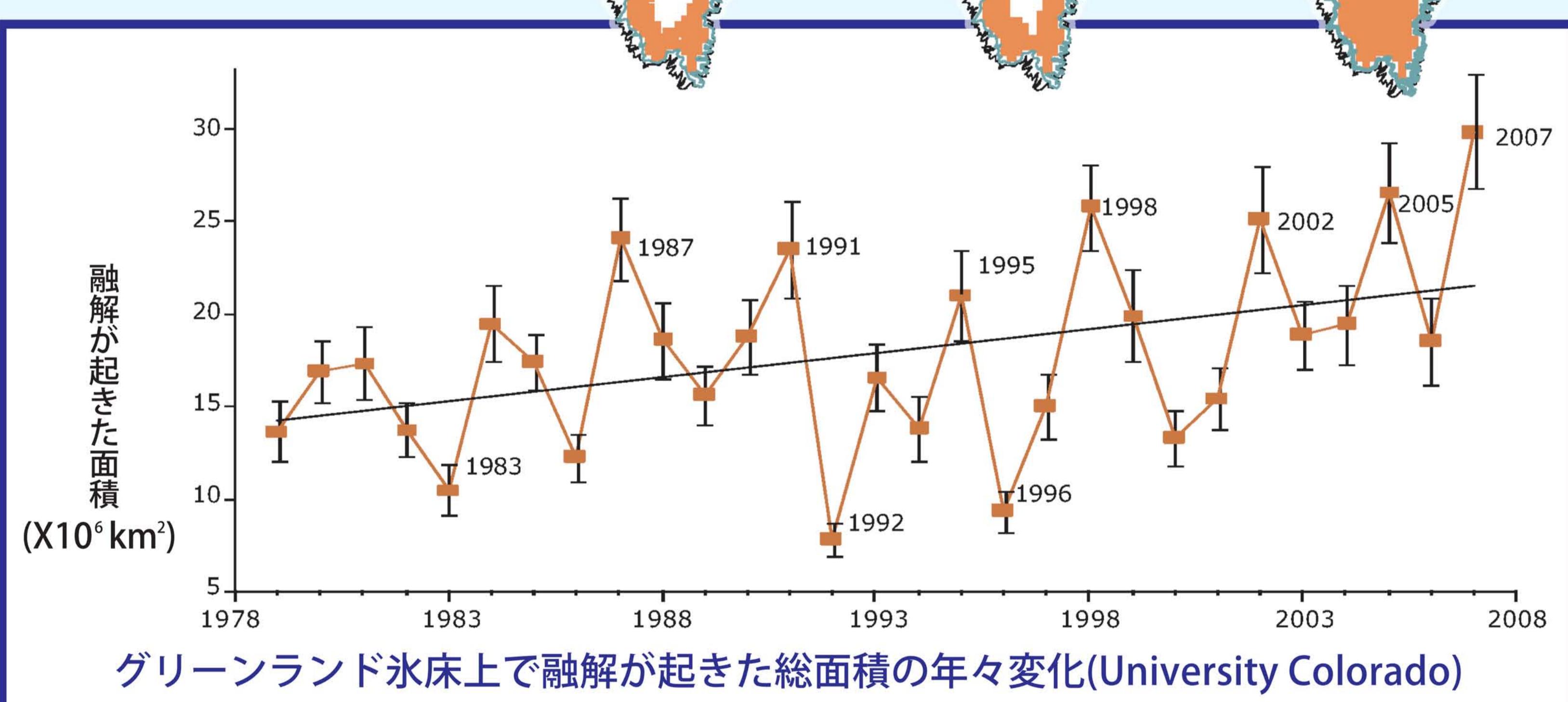
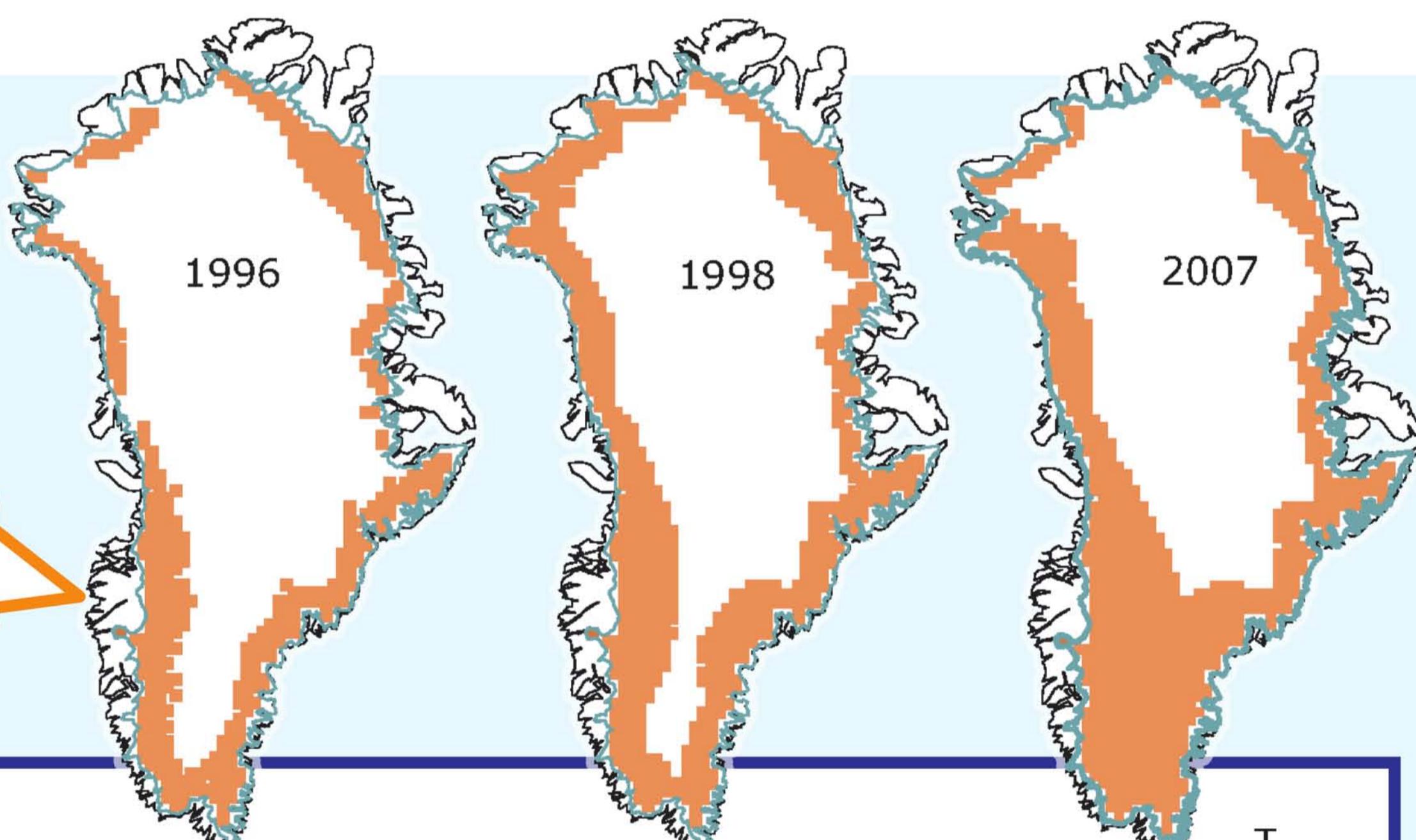
重力測定による2003-2009年の氷床体積変化
紫色の部分で氷が失われている
(アメリカとドイツの人工衛星GRACEによる測定結果)
(Khan and others, 2012)



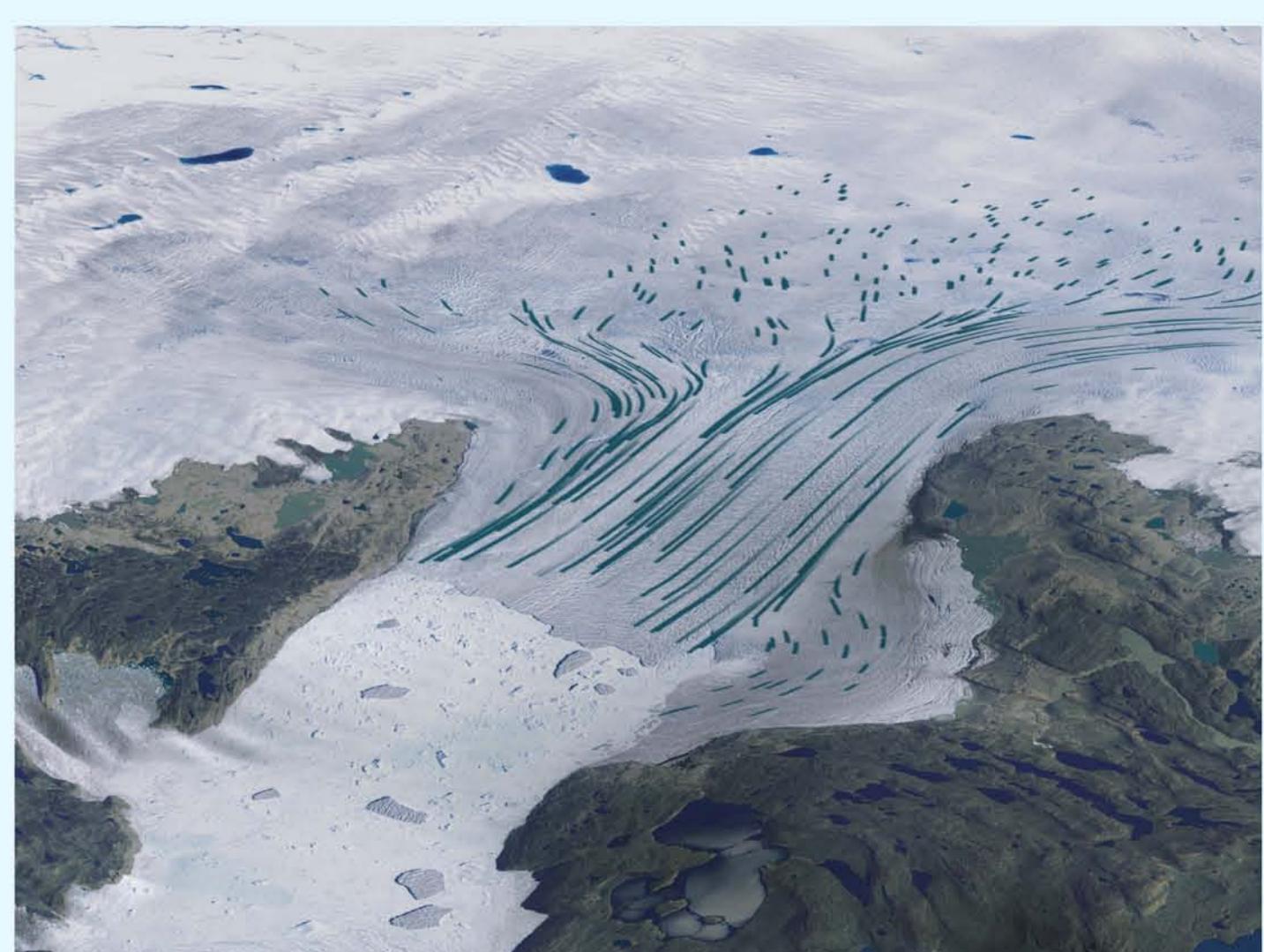
異なる3つの方法によって測定された
近年のグリーンランド氷床質量変化速度
(Shepherd and others, 2012)

■ 減少の要因とは

各年において4月～10月に
融解が起きた地域



黒く汚れる氷河

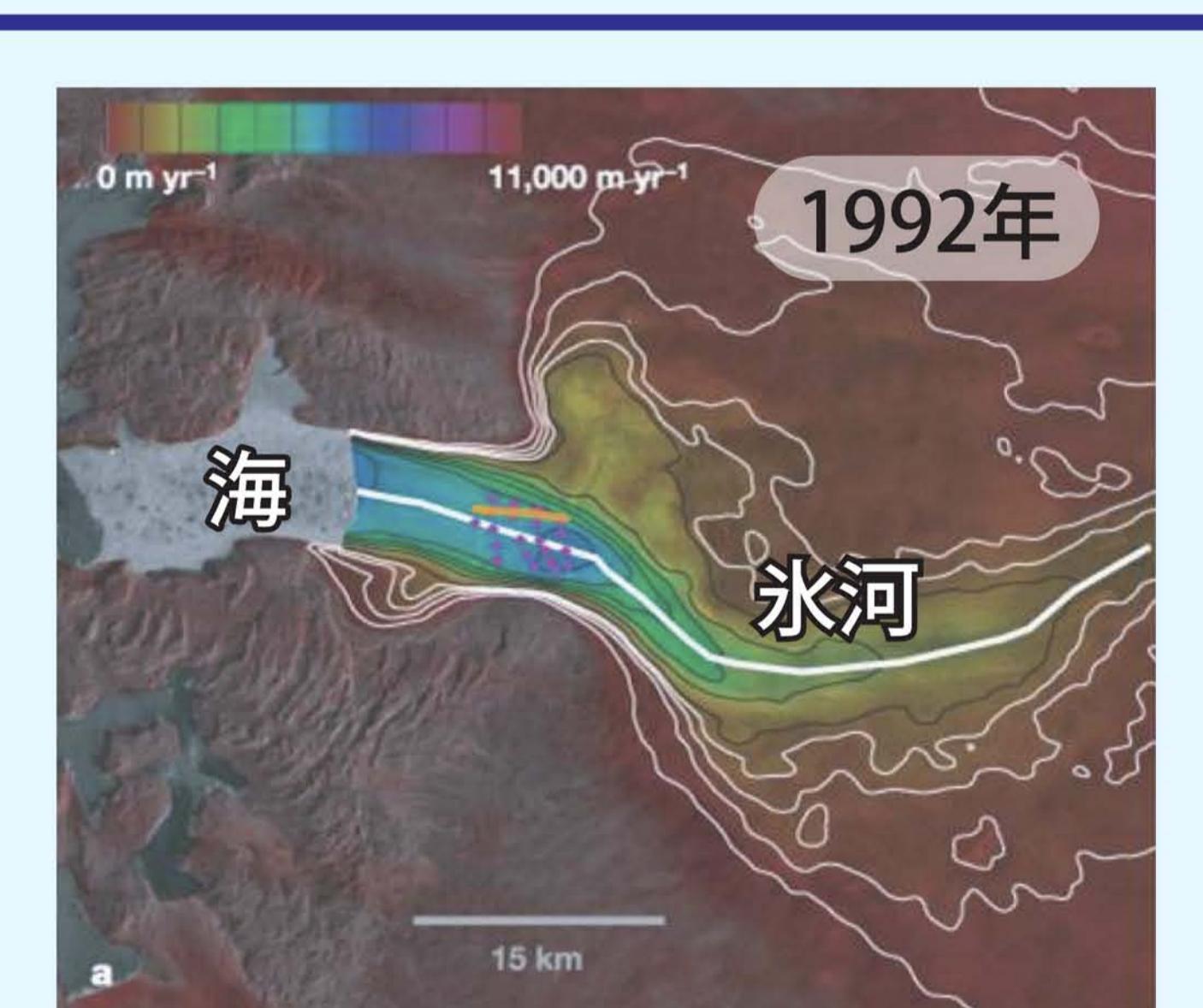


氷河の流動速度を示すイメージ写真
(byNASA)

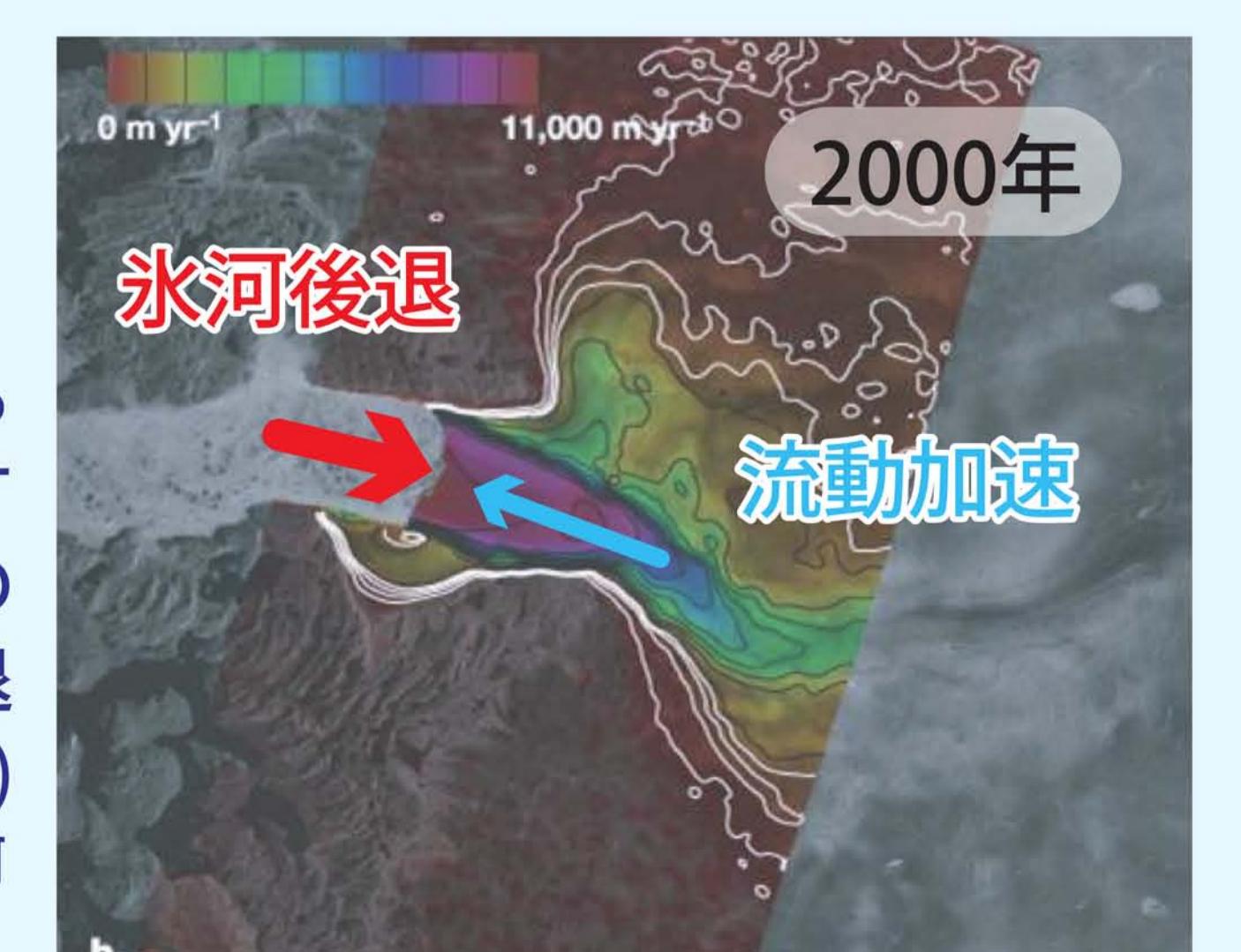
これまでの研究によって、グリーンランド氷床の急激な変動は二つの要因で起きていることが明らかになっています。

そのひとつは融解量の増加です。北極域における急激な気温上昇に、氷床表面が黒く汚れる効果も加わって、融解量が年々増えています。

もうひとつの理由は、沿岸で起きている氷河の流動変化です。近年、氷河の流れる速度が加速して、より多くの氷が海洋へ流れ出るようになっています。



グリーンランド西部から
海洋に流れ出す
ヤコブスハafen氷河の
流動加速と末端後退
(Joughin and others, 2004)
流動速度を表す色のついた部分が氷河



グリーンランド氷床の体積変化とそのメカニズムの解明

カービング氷河の変動とそのメカニズムの解明

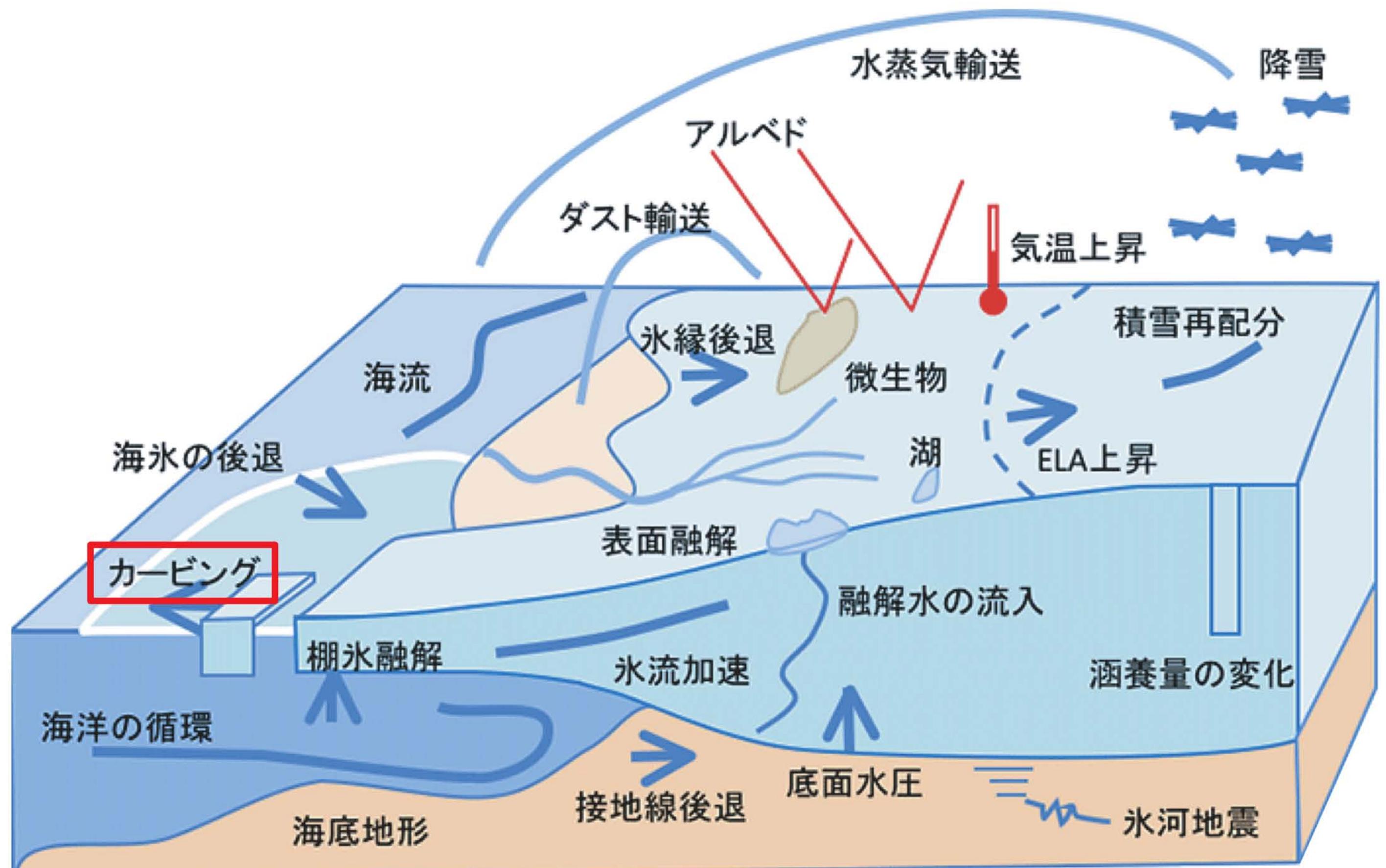
氷床の沿岸には、海へ流れ込むカービング氷河が多く存在しています。カービング氷河は氷床の氷を海に流出するので、氷床の体積変化や海面上昇にとって重要です。



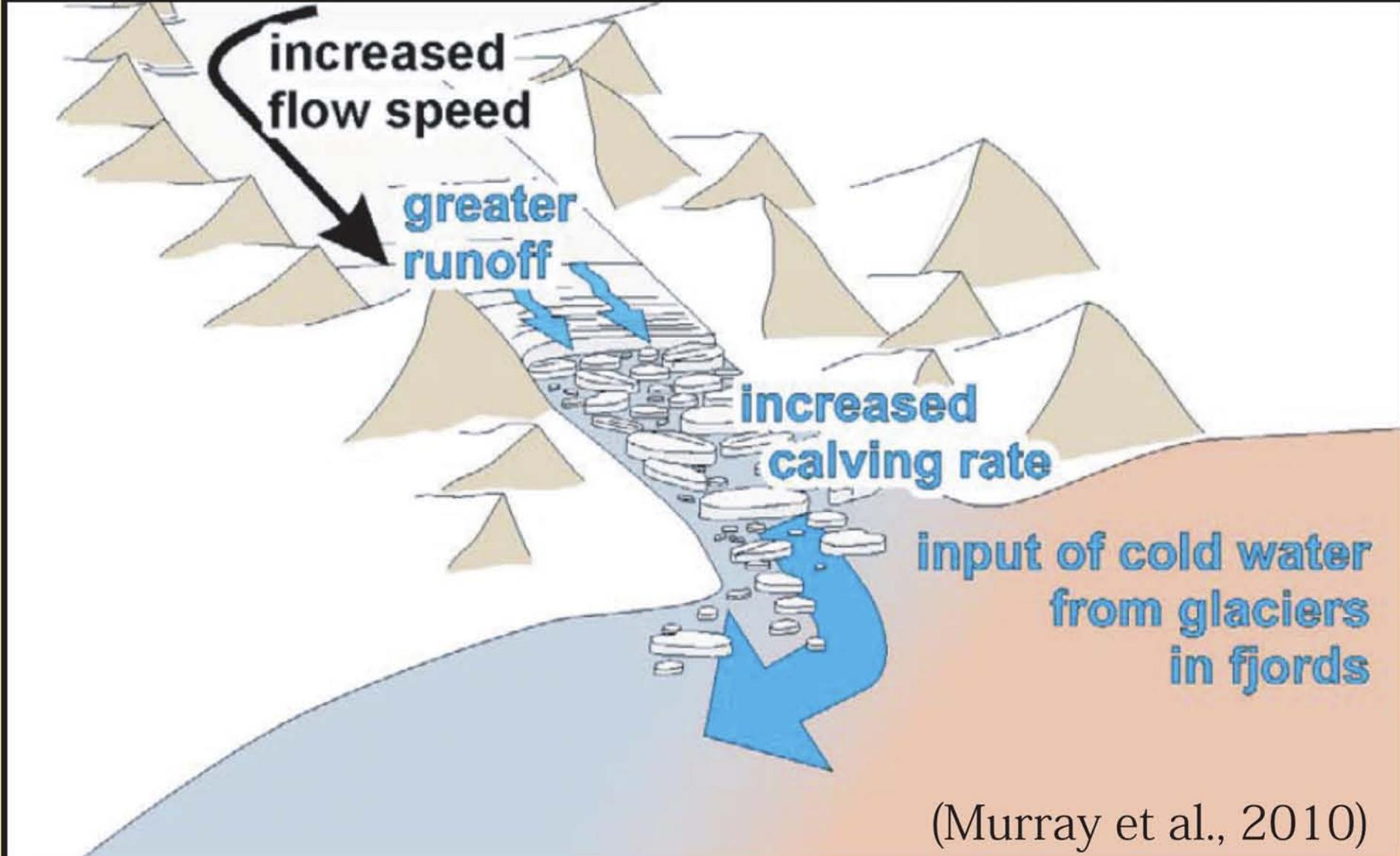
地球温暖化における北極圏の積雪・氷河・氷床の役割 (GRENE事業 北極気候変動分野)

グリーンランド氷床は、地球上にある氷の体積の約10%に相当します。近年、グリーンランド氷床の氷が減少しています。氷の減少は海面上昇を引き起こし、人々の生活に大きな影響を与えます。氷床の縮小は、雪や氷の融解量増加と、**氷河末端からの氷の流出(カービング)**の増加が原因と報告され、氷の減少量が明らかになりました。しかしながら、融解量や流出量が変化する詳しいメカニズムの解明が求められています。またグリーンランド北西部は今後の変動が予想されていますが、南部に比べて研究が進んでいません。

2011年度に開始された「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス(GRENE)事業 北極気候変動分野(代表機関：国立極地研究所)」の一環として、私達はグリーンランド北西部を対象として、氷床の体積変化とそのメカニズムの解明を目指して研究を行っています。

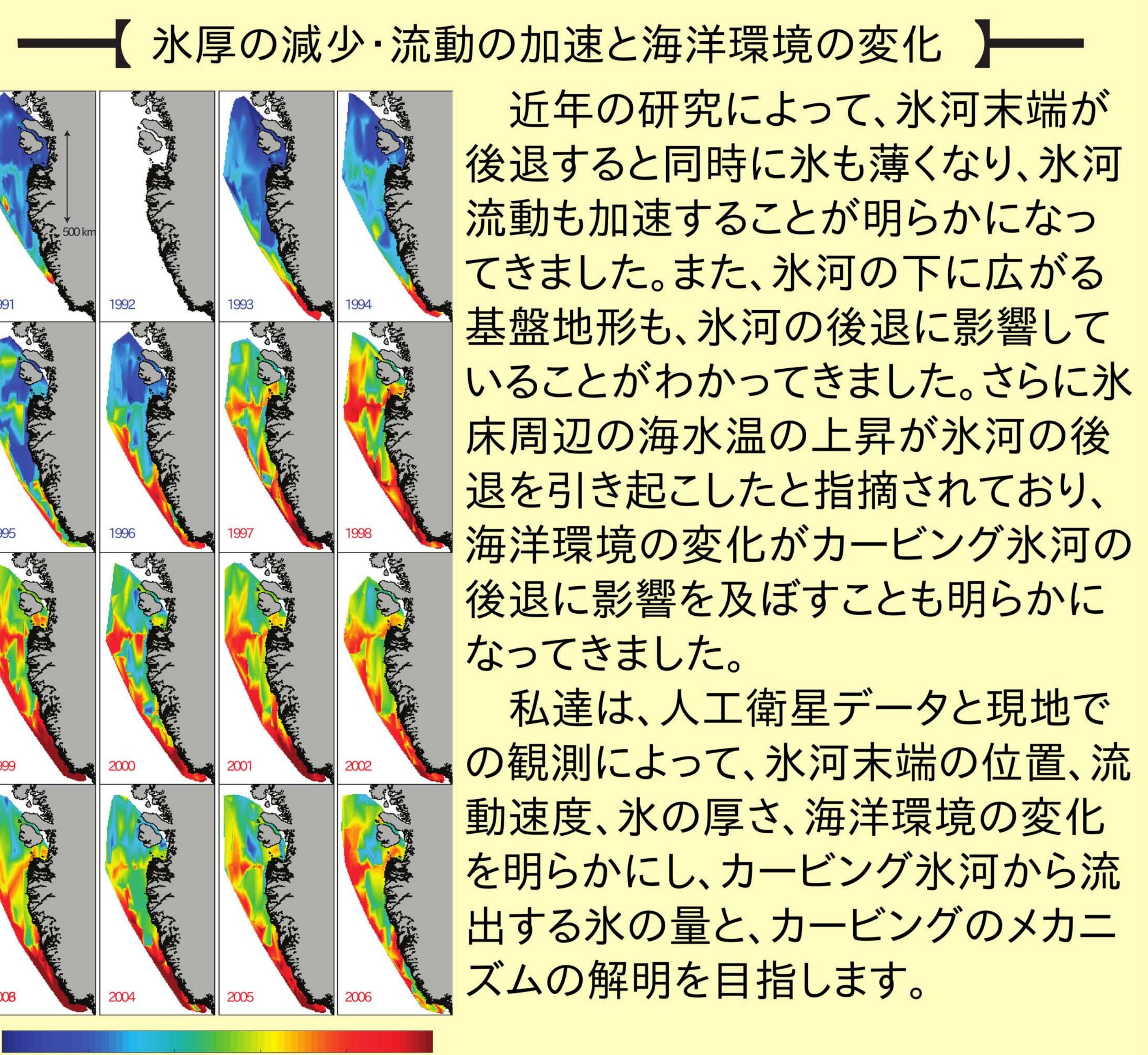
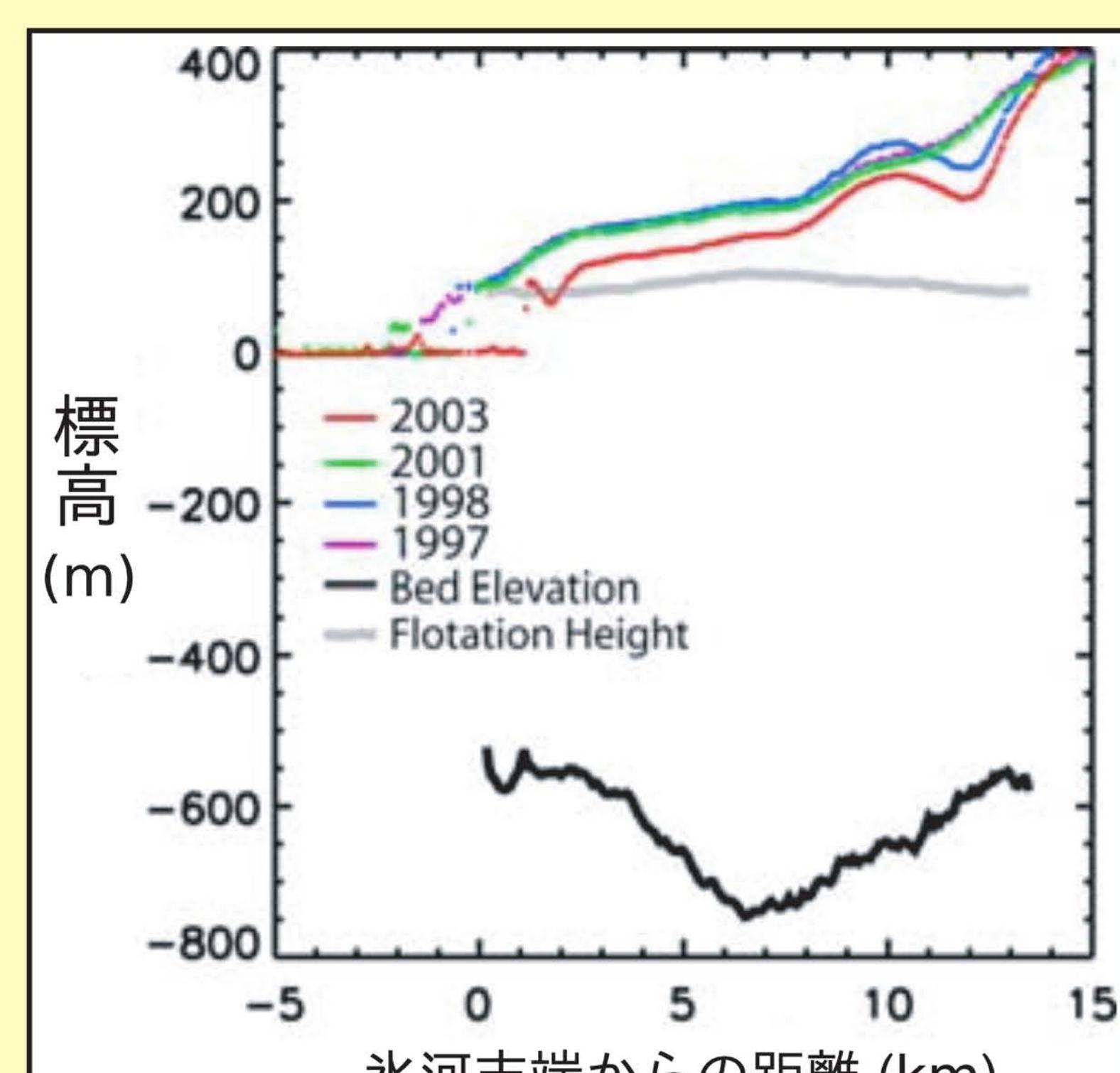
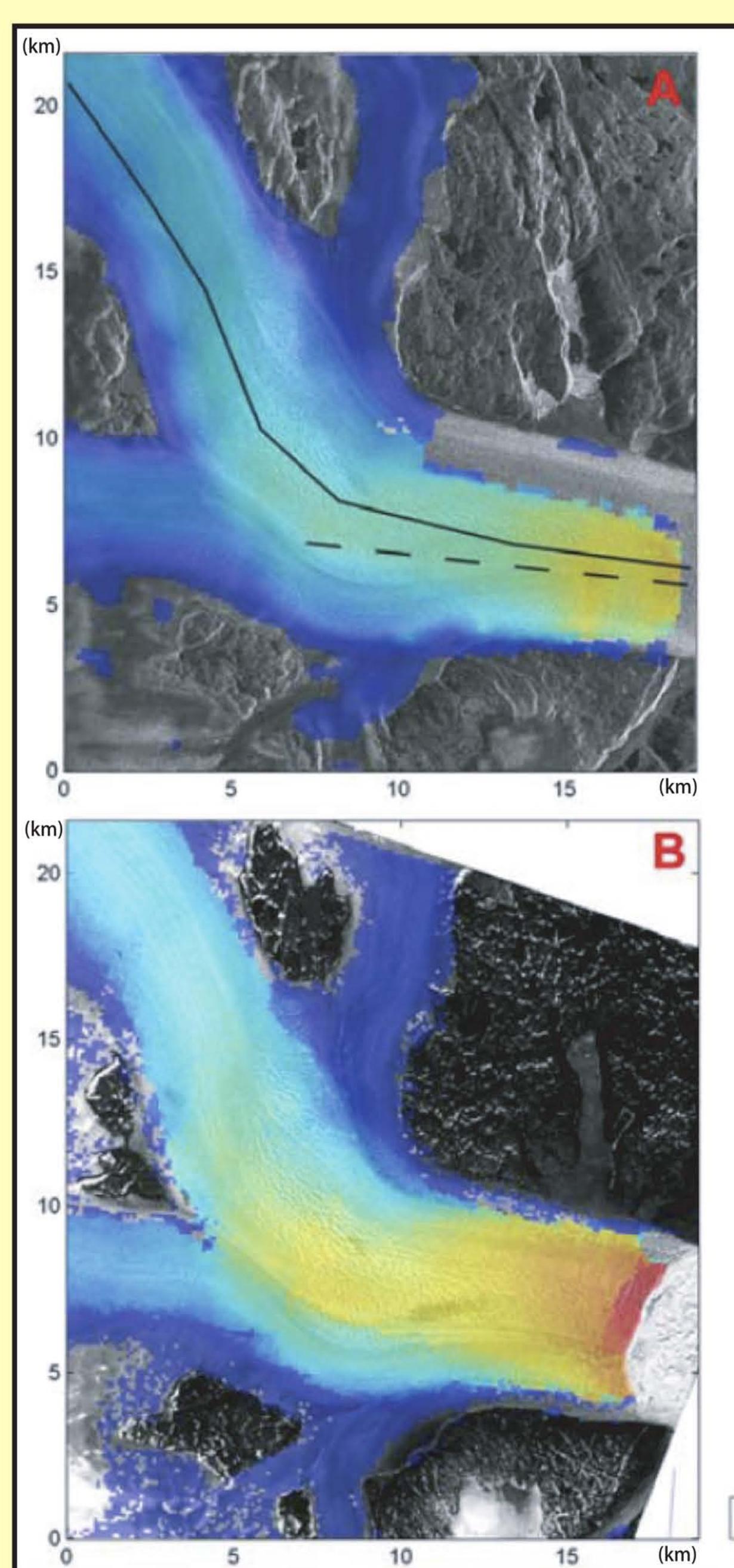


【カービング氷河の変動に対する海洋の影響】



冷たい氷河の融け水がフィヨルド内に多く流れ込んでいるときは、氷河の変動は緩やかである。そこに暖かい海水が流れ込むと、氷河流動は加速し、氷河からの氷の流出も盛んになる。

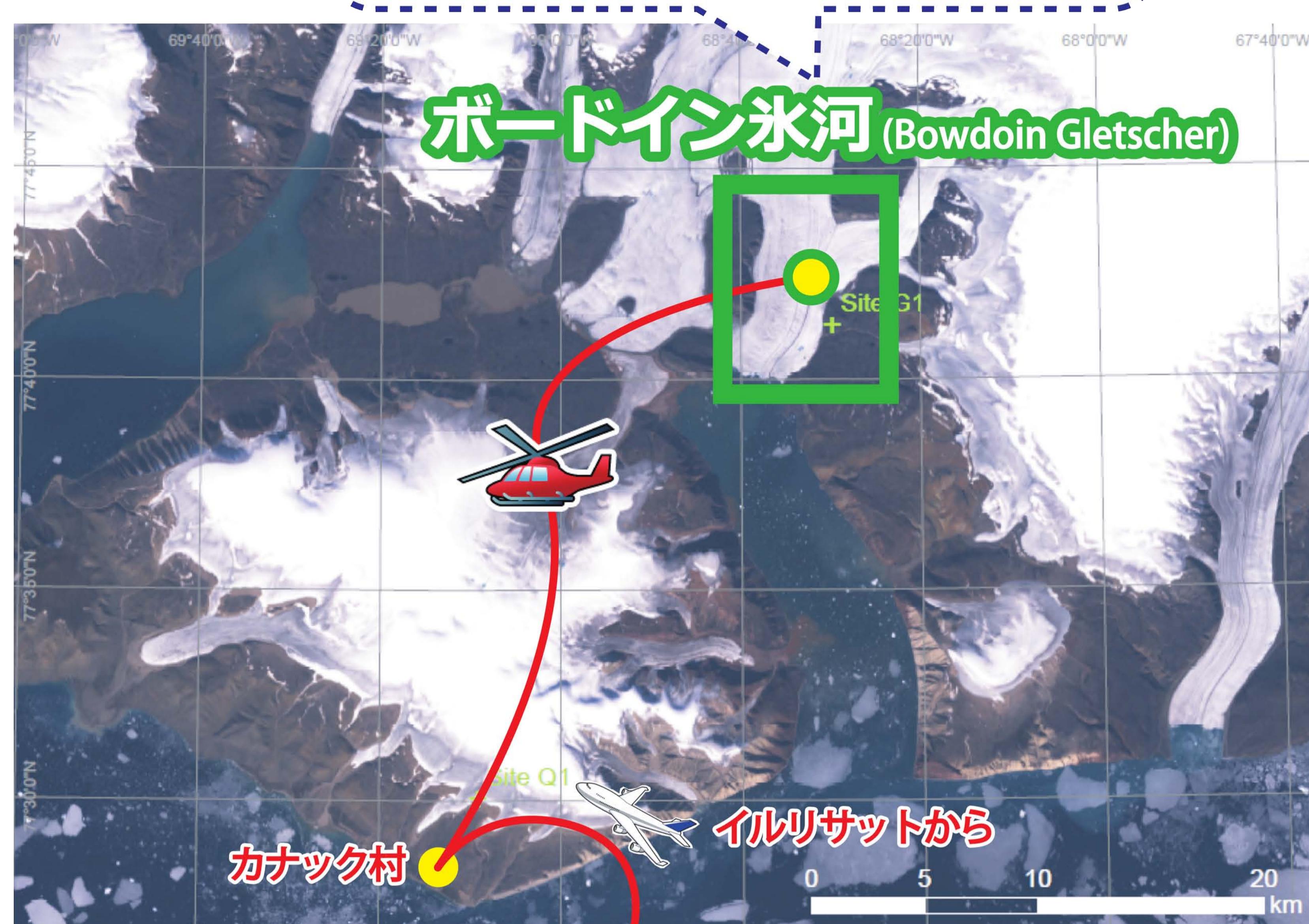
近年、海水の温度や海洋循環の変化が、氷河の変動にどのように影響しているかが注目されてきています。これまでの研究によって、暖かい海水がカービング氷河の前に広がるフィヨルドに流れ込むことで、氷河流動の加速、氷の流出量の増加を引き起こす可能性が指摘されています。私達は、海洋環境の変化とカービング氷河の変動との関係を明らかにするために、フィヨルドの海底地形を調査します。



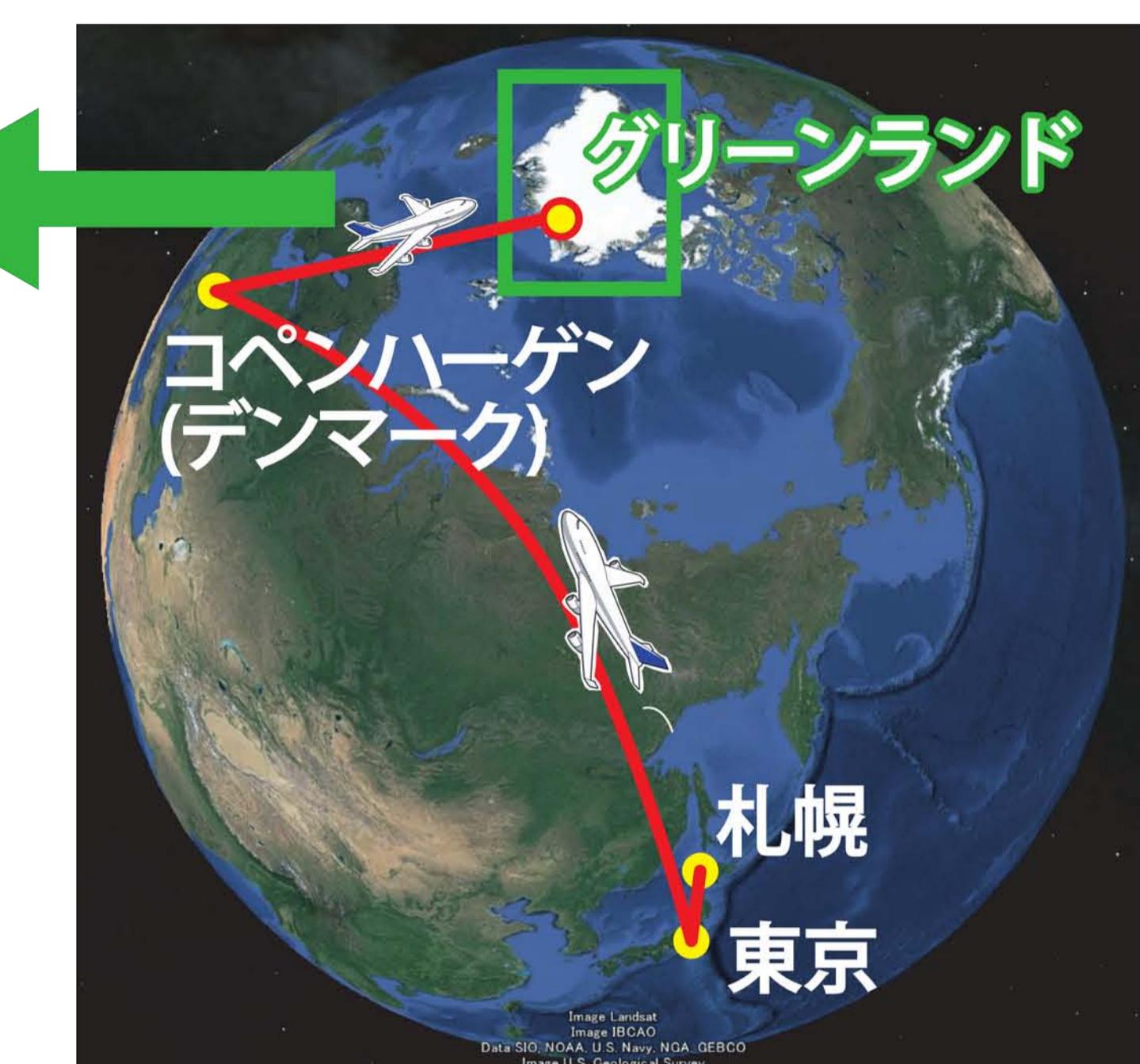
ボードイン氷河での観測

DATA

北緯77度41分、西経68度30分
全長:約10km
横幅:約3km



ボードイン氷河

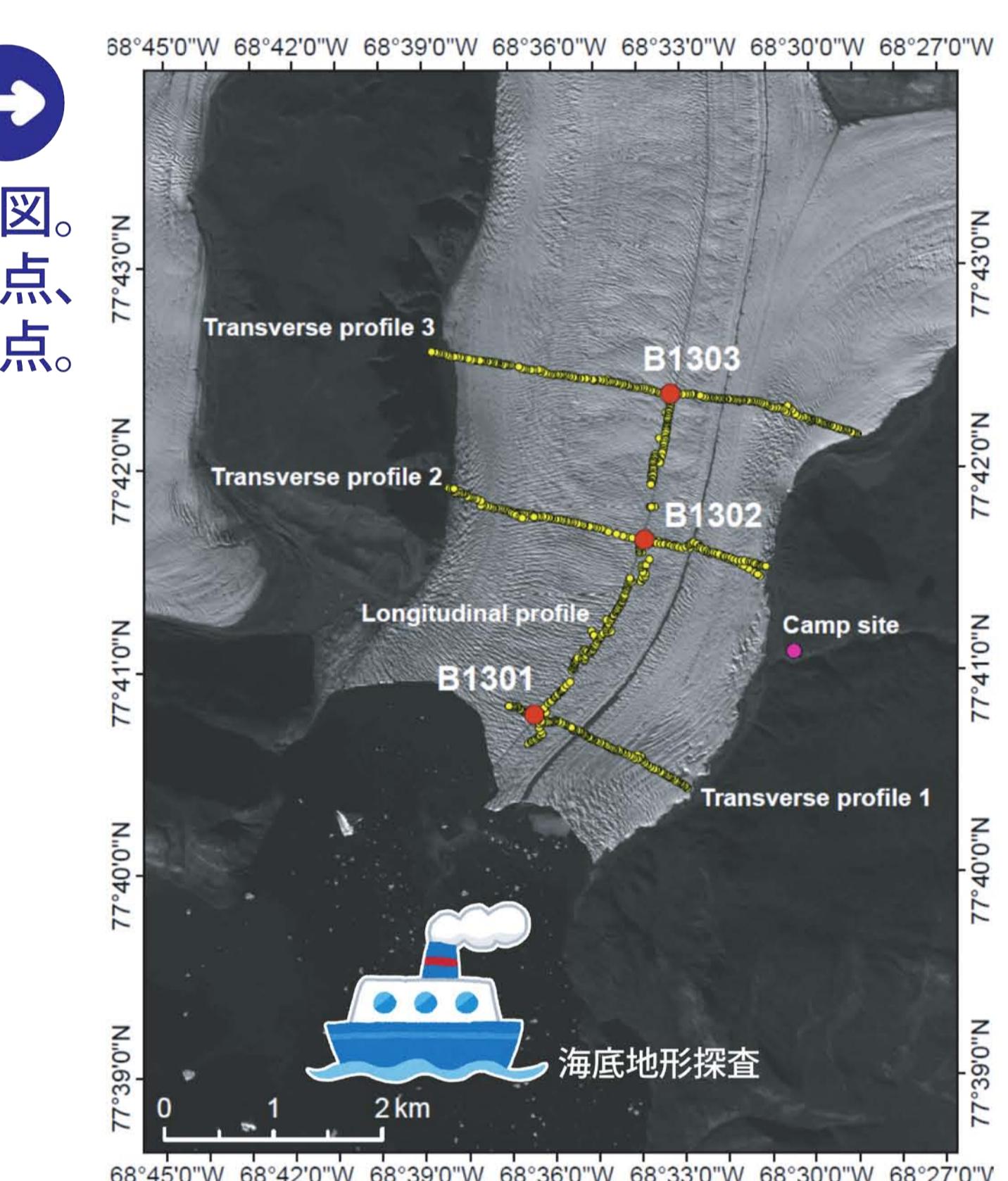


私たちはグリーンランド北西部にあるカービング氷河「ボードイン氷河」を対象に研究しています。札幌から飛行機を4回乗り継いで氷河の最寄りにあるカナック村に向かい、そこからヘリコプターで観測機材と一緒に、氷河まで移動します。

2013年7月4日から15日にかけて、氷河のすぐ脇でキャンプをしながら観測を行いました。



氷河での観測活動の概要



上空からみたボードイン氷河末端部。
右下の白い部分は氷河から海に崩れて
流れ出した氷。



●キャンプサイトへの機材輸送



●キャンプ中のごはん



●流動速度測定用のポールを埋設

PHOTO
Gallery



●GPSを用いた氷河の表面高度測量



●今日もよく歩いた！



●アイスレーダーを用いた氷厚の測定



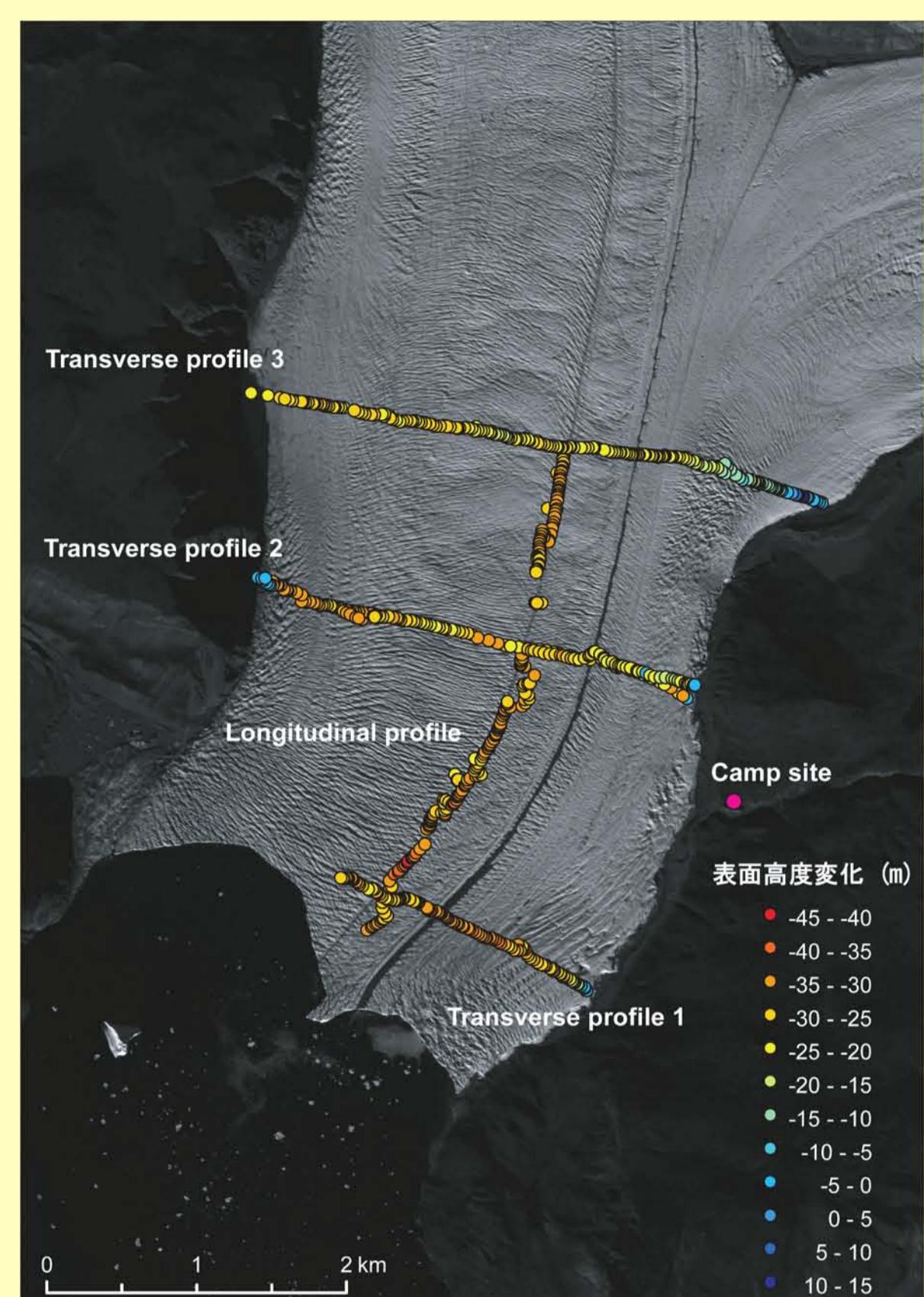
●GPSを用いた流動速度測定



●音響測深による海底地形探査

ボードイン氷河での観測データ

(2013/07/05~07/27)



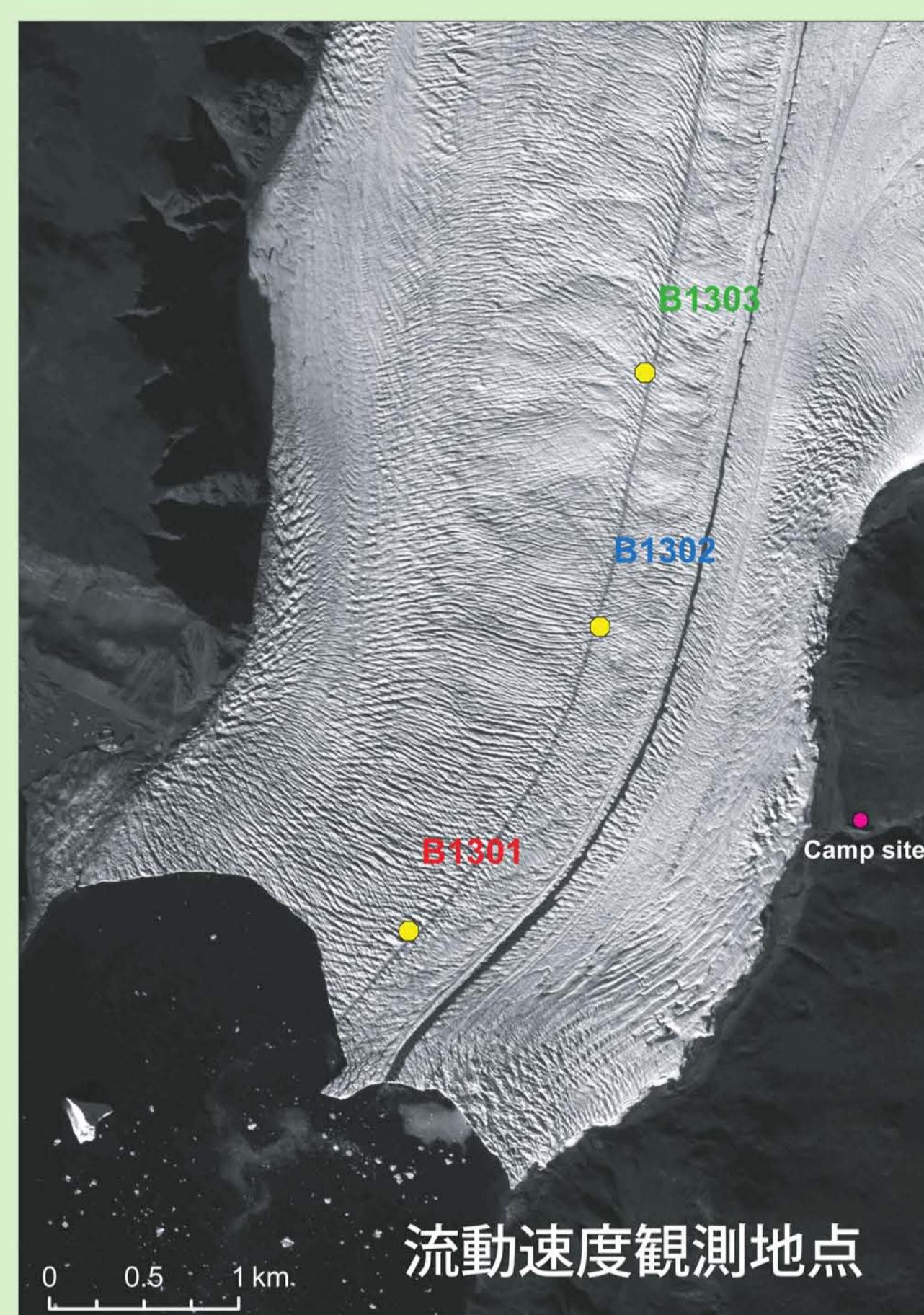
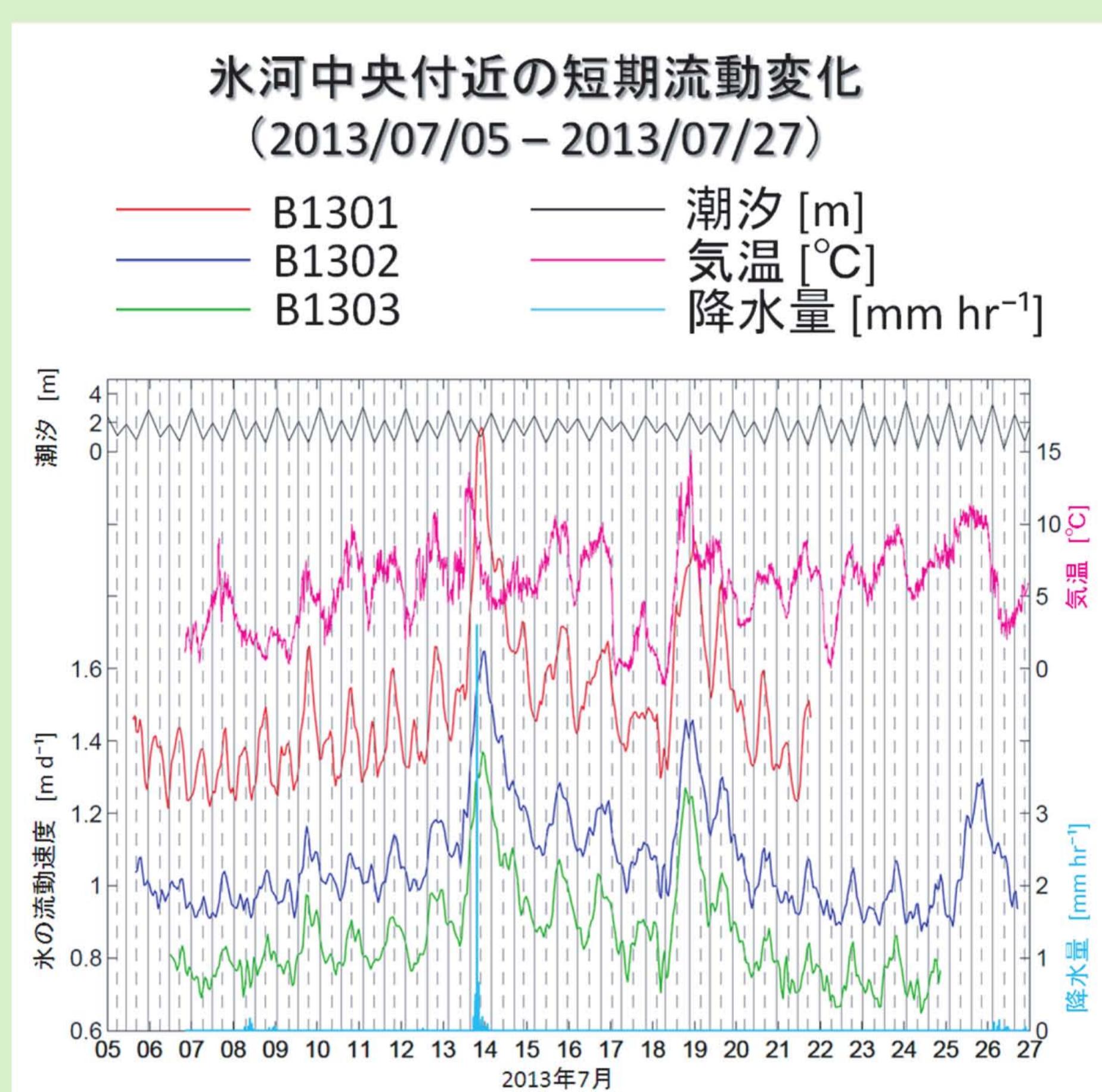
2007-2013年の表面高度変化



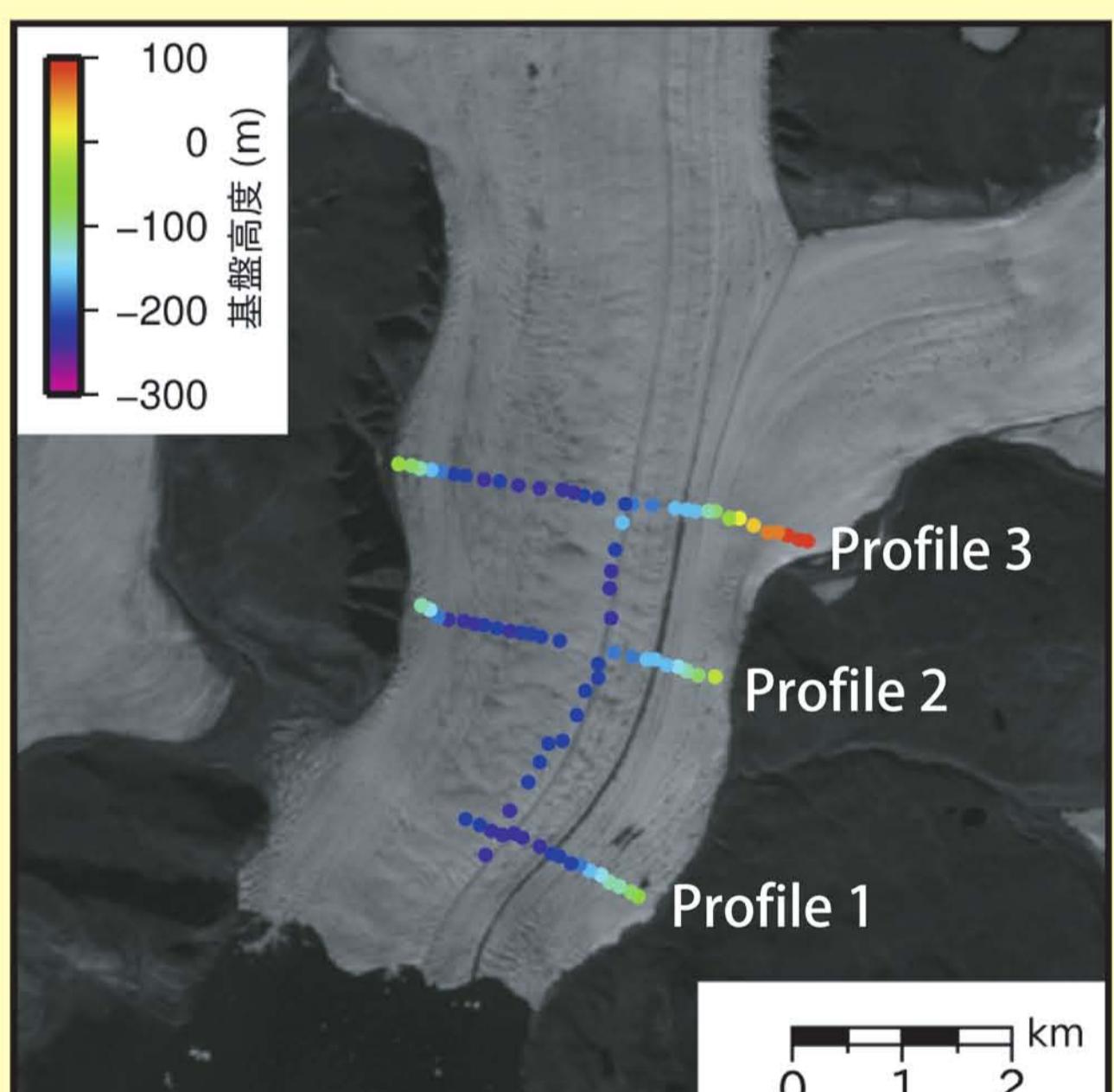
氷河表面高度

キネマティックGPS(Global Positioning System)測量と呼ばれる技術を使って、氷河表面の標高を数cmの精度で測量しました。

氷河表面の測量から、4本のプロファイルに沿った標高データが得られました。人工衛星データから得られた2007年の表面高度と比較すると、2013年までの6年間で氷河表面は平均27m低下していることがわかりました。



氷河中流域断面図
赤点：アイスレーダーの測定点
赤線：氷河下の基盤の形状



アイスレーダーによって
得られた基盤高度

氷河流動速度

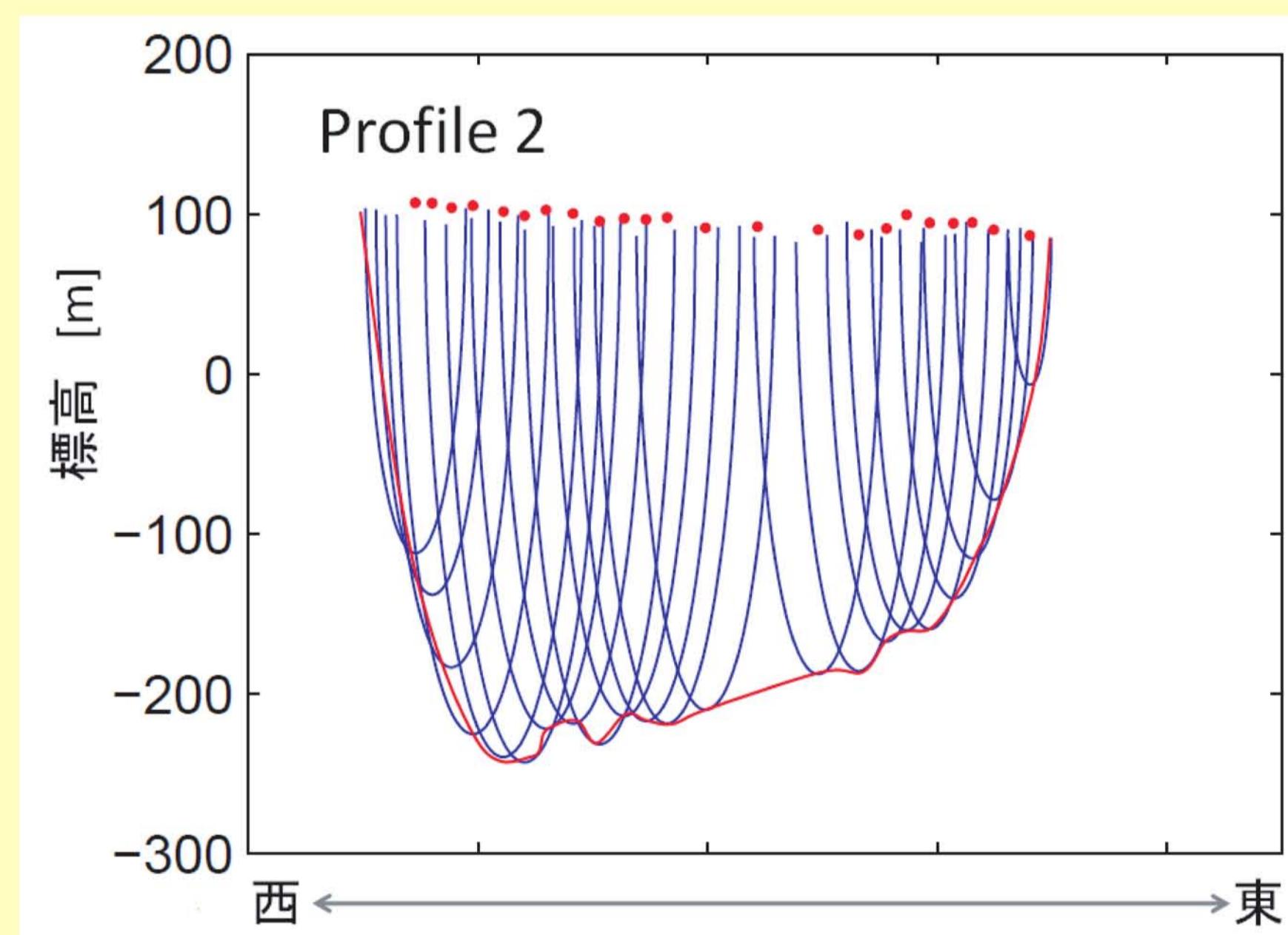
左図のB1301～B1303に設置したそれぞれのポールにGPSアンテナを固定して、防水ケース内に設置した受信機でGPSシグナルを記録するスタティックGPS測量によって氷河の流動速度を測定しました。

3つの観測地点における年間の流動速度は200～550mで、

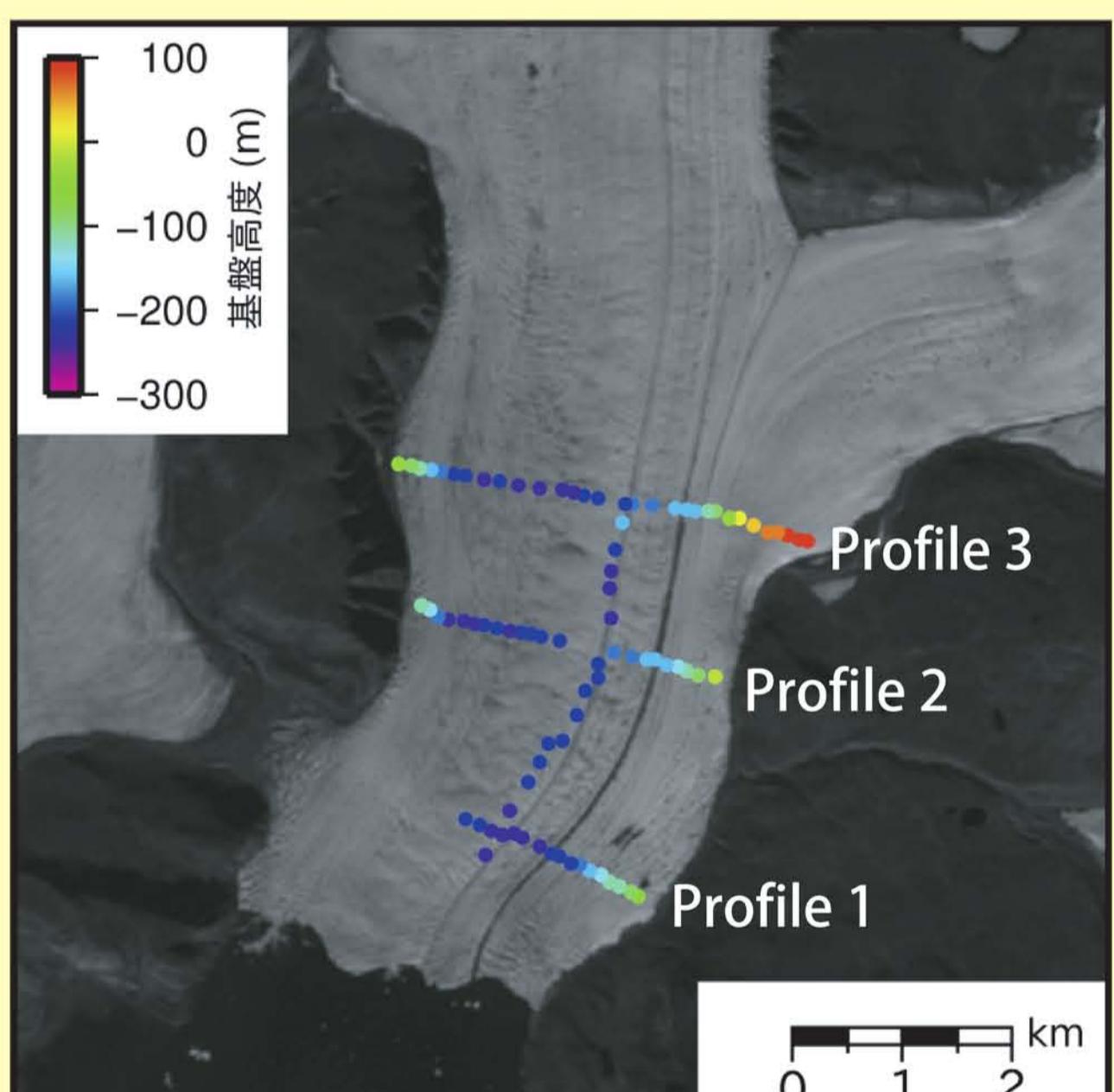
海洋の潮汐や気温、降水に強く影響を受けていることが明らかとなりました。



スタティックGPS測量



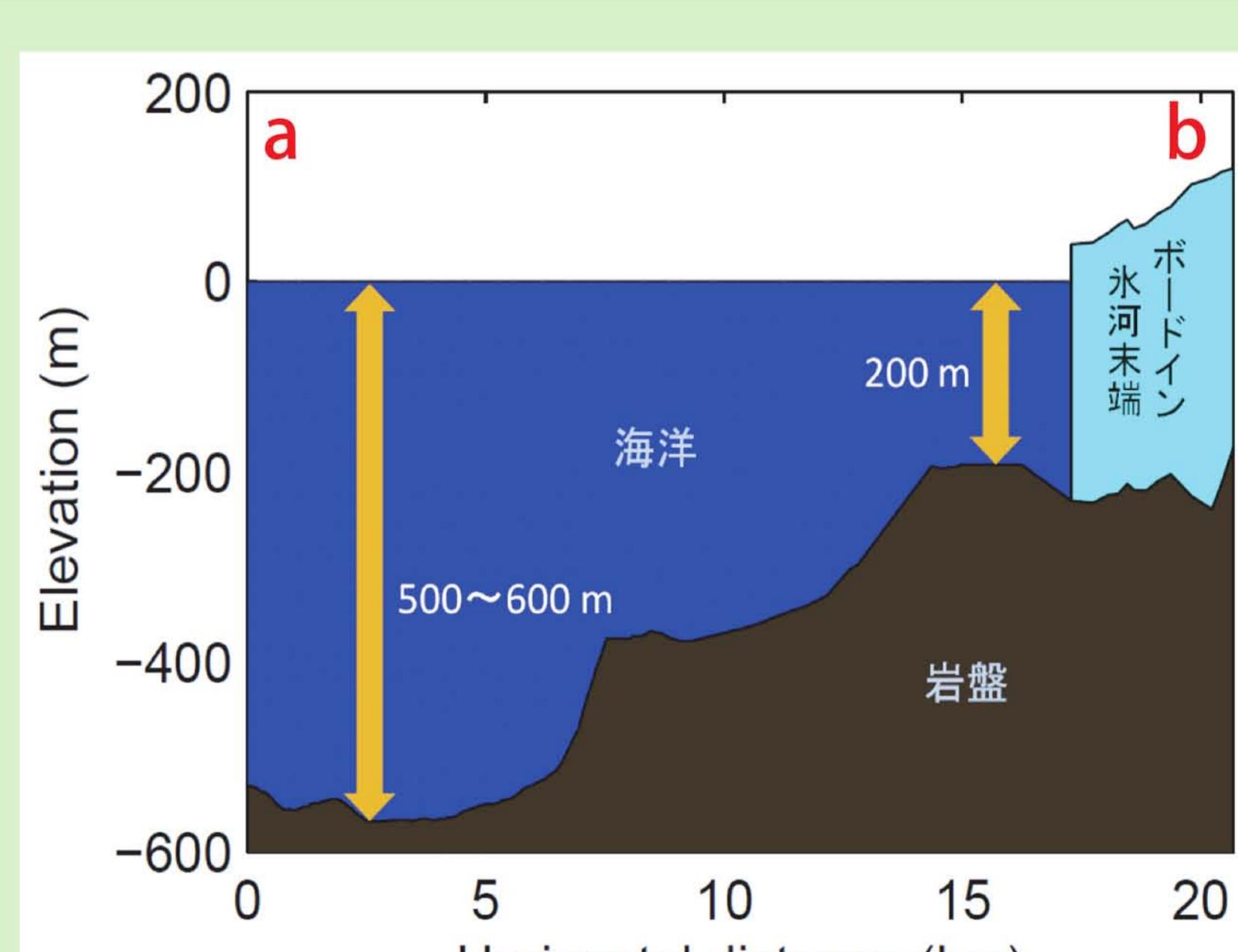
氷河の厚さは最大で約350mを示しており、氷河末端では約250mでした。



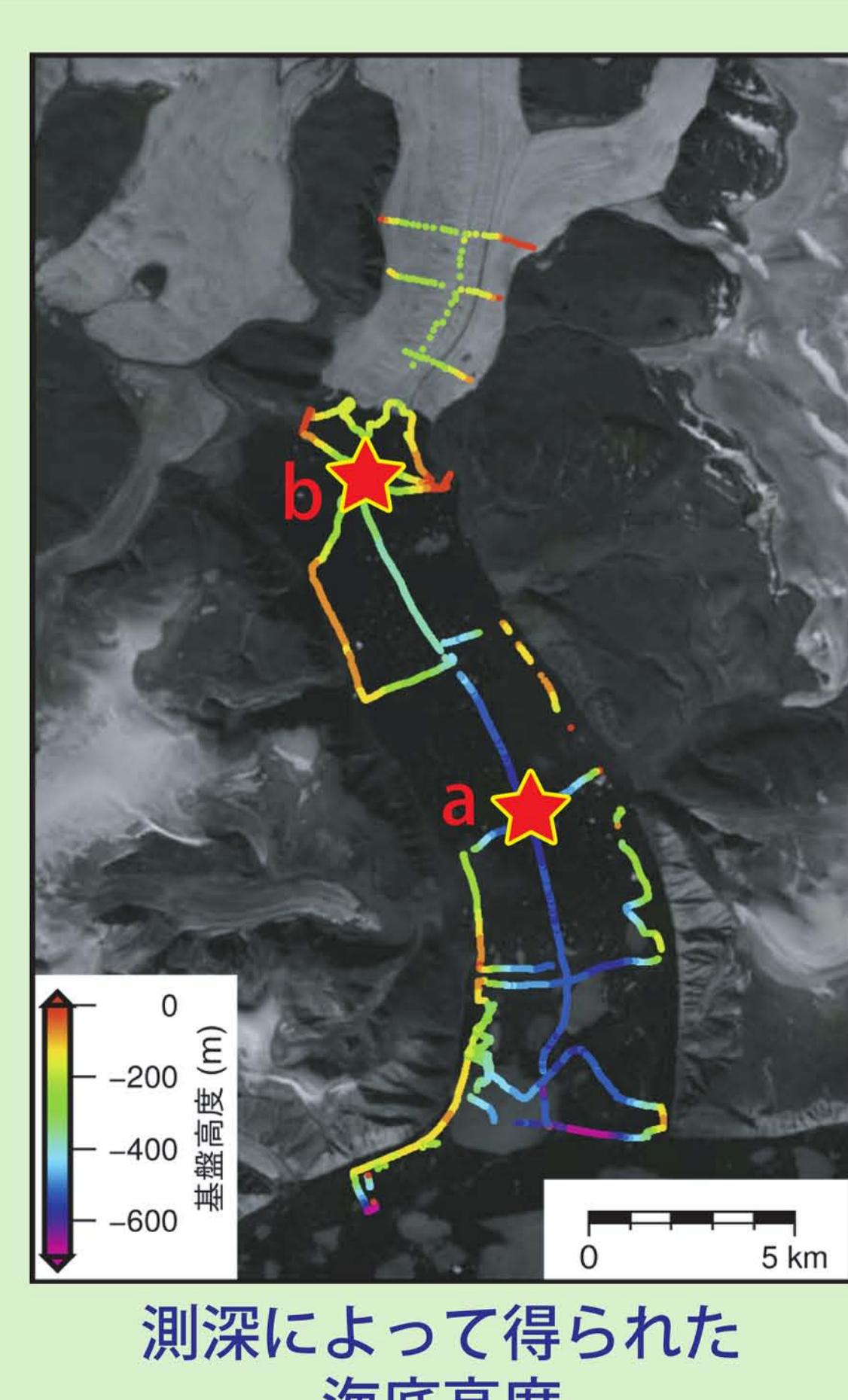
アイスレーダーによる
測定の様子

氷厚測定

電磁波の反射を利用したアイスレーダーと呼ばれる装置を使って、氷の厚さを測定しました。電磁波は氷を透過する性質があるので、氷河底面で反射されて戻ってきた波が遅れて測定されます。この時間差を使って氷の厚さを測定します。



ボードイン・フィヨルド
縦断プロファイル
(右図a-b)の海底地形



測深によって得られた
海底高度

ボードイン氷河付近での海洋観測

ボードイン氷河が流入するフィヨルドの海底地形を測定しました。この測定は、音波の反射を使った測深装置をモーターボートに搭載して行います。

海の深さは氷河の末端付近では200～300m、そこからフィヨルドの出口に向かうにつれて深さを増すことが明らかになりました。ボードイン氷河前のフィヨルドはその南端でより深いフィヨルドに合流しますが、この合流点付近では700mを超える深さが測定されました。



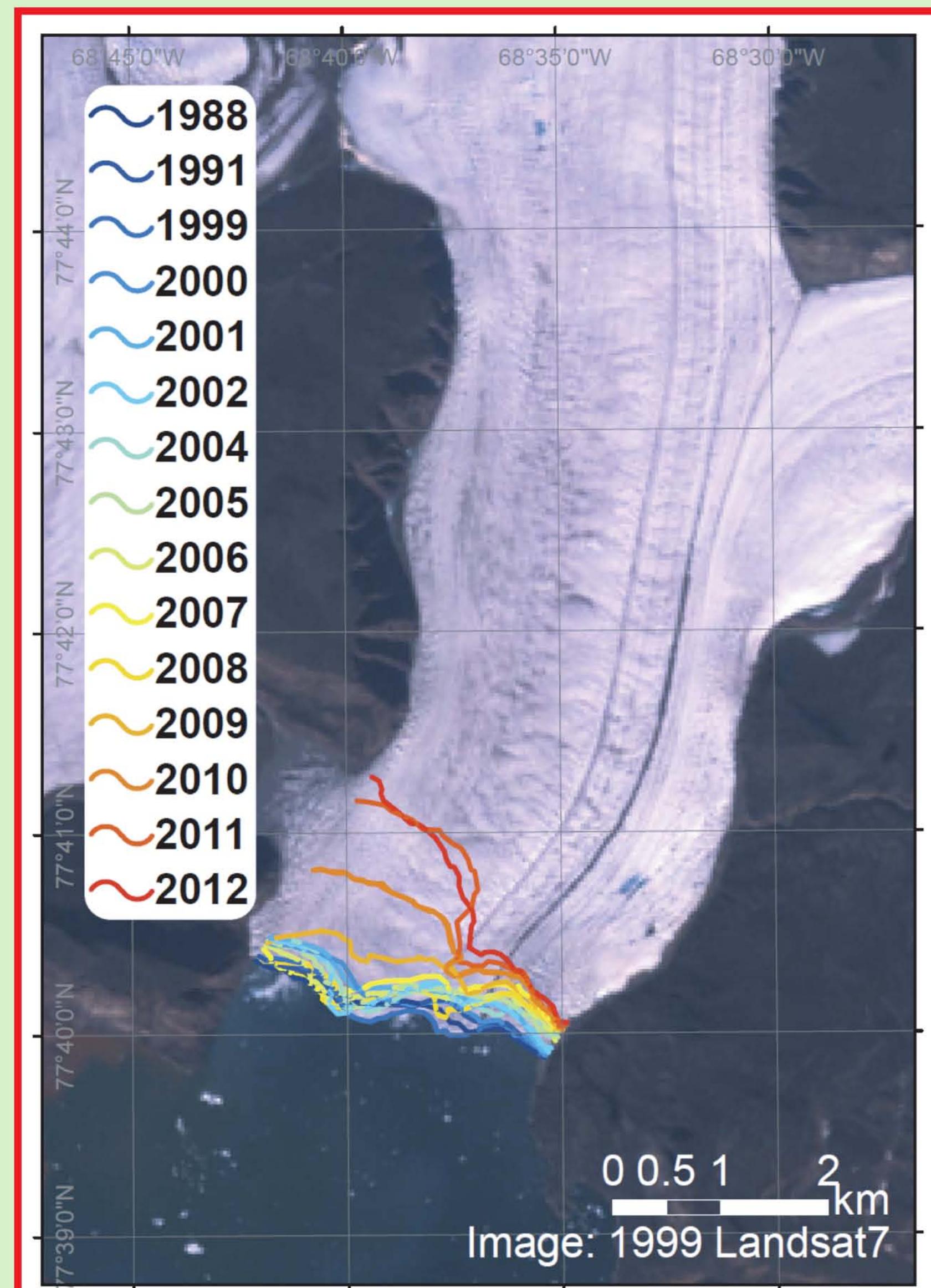
海洋観測の様子

宇宙から見える氷河の変化



By NASA
(<http://landsat.gsfc.nasa.gov/images/media.html>)
via Wikimedia Commons

近年の観測技術の進歩によって、人工衛星を使用して氷河の変化を測定することが可能となりました。人工衛星データを解析することで明らかとなった対象地域における氷河の変化を紹介します。

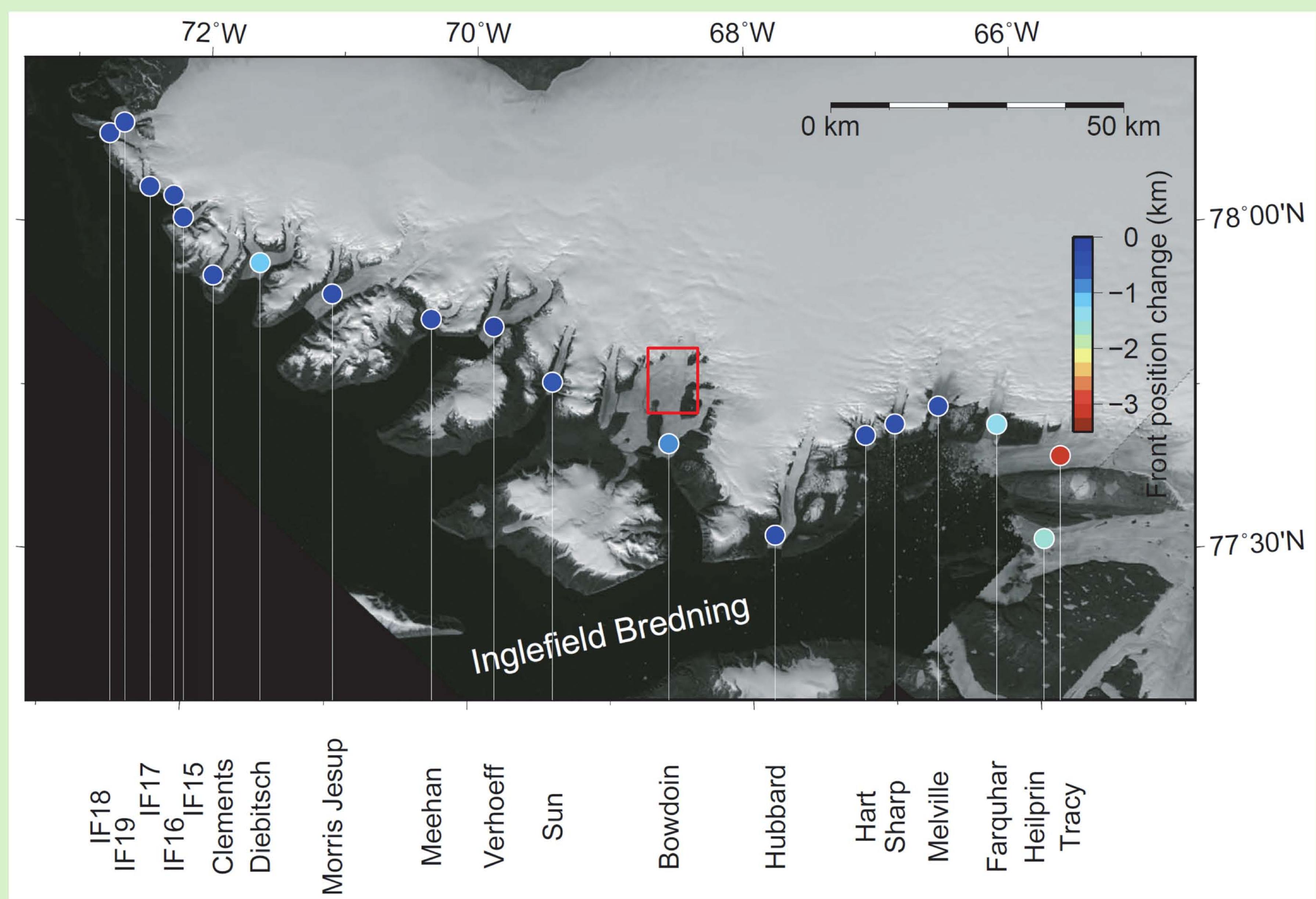


ボードイン氷河末端の経年変化

2000-2012年の氷河末端位置の移動距離
赤色に近いほど後退していることを示す
枠外は各氷河の名前を示す

高い分解能を持った人工衛星画像を使って、過去から現在にかけて氷河の末端位置変化を解析することができます。その結果、研究対象地域のカービング氷河は過去約10年間、縮小傾向にあったことが明らかとなりました。

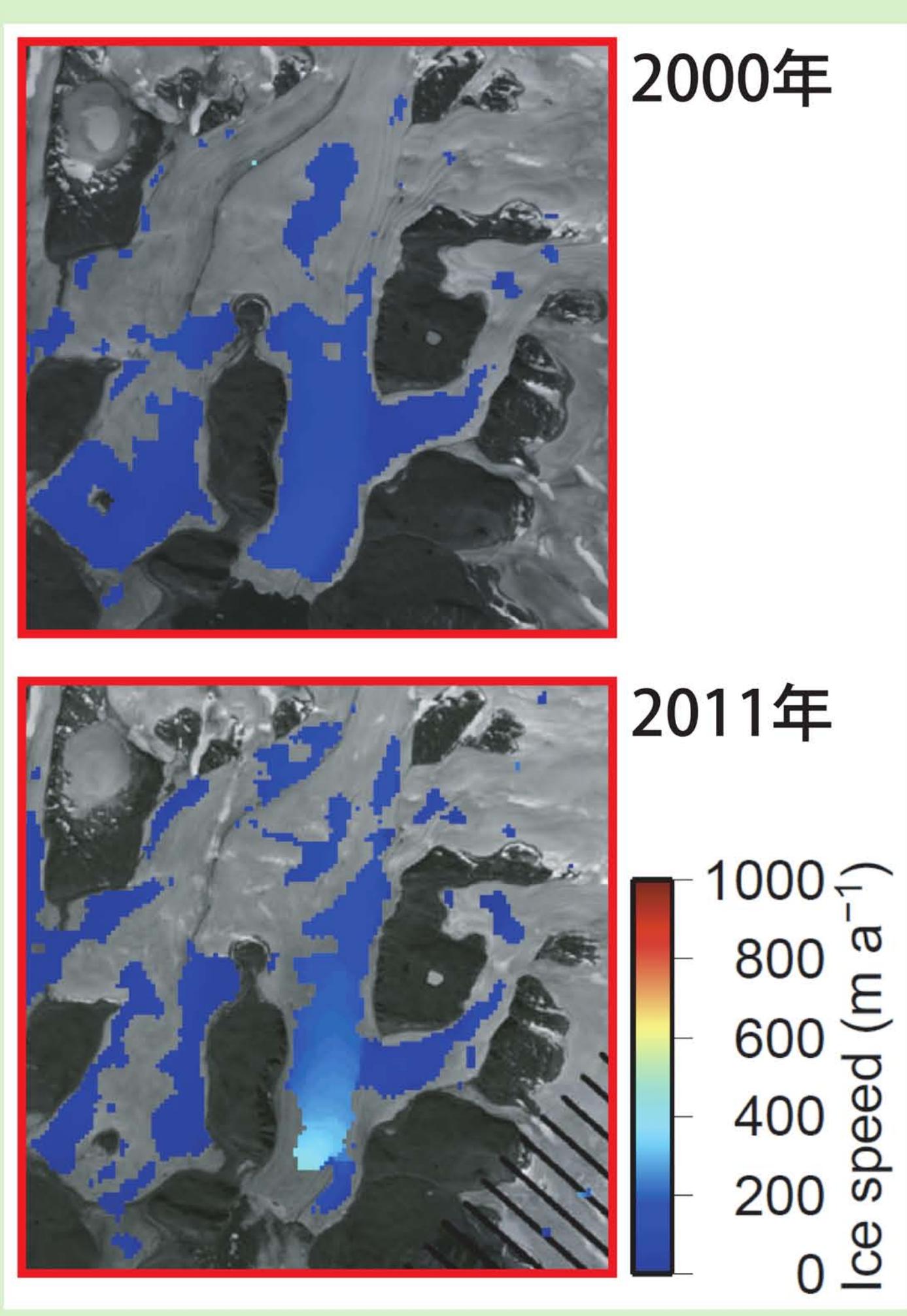
中には3km以上も短くなった氷河も・・・



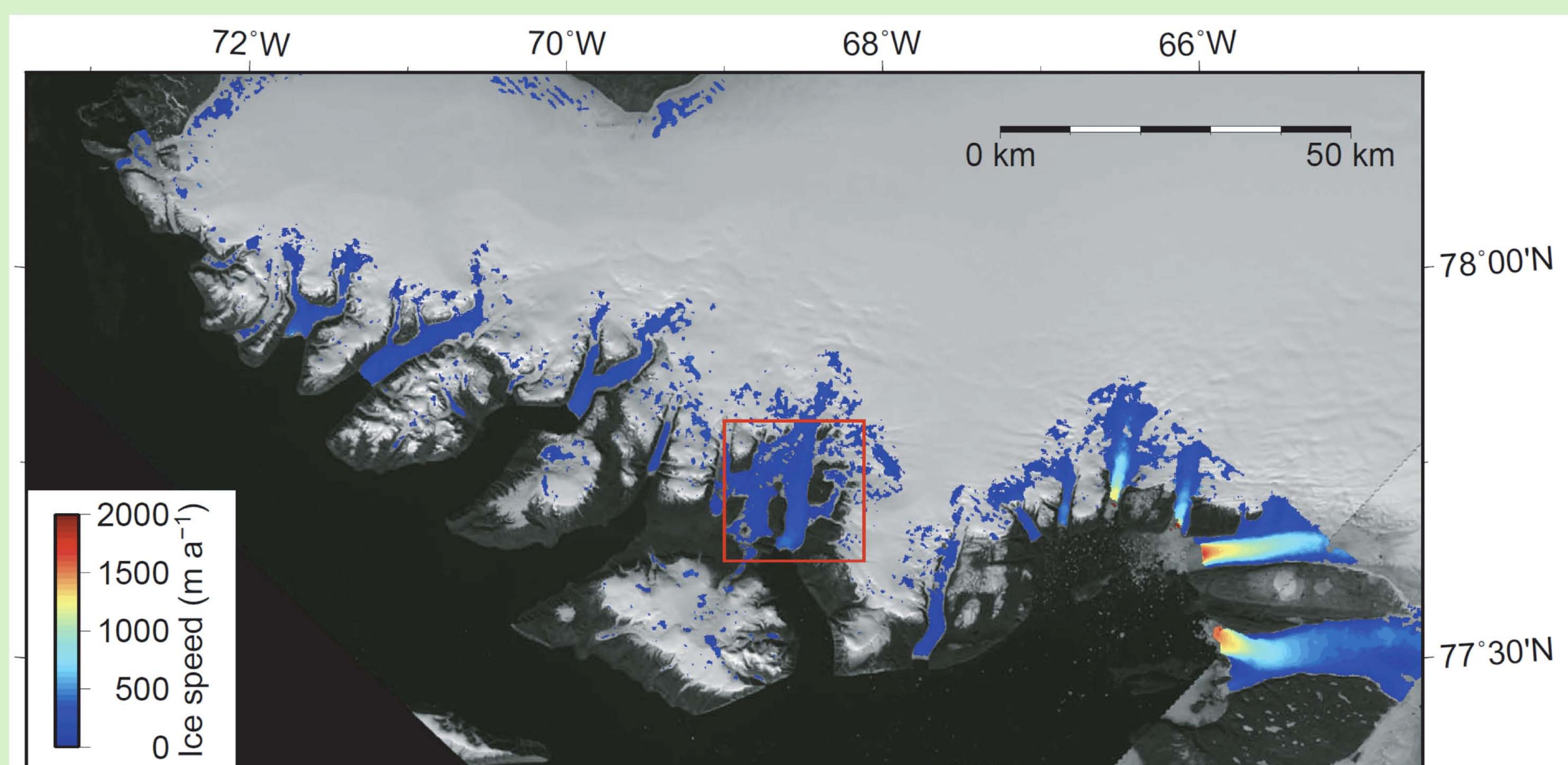
■ 末端位置の変化

■ 流動速度

人工衛星画像を使って氷河表面地形の移動を解析し、氷の流動速度を広い範囲で測定することができます。このような測定の結果、研究対象地域のカービング氷河は年間100~2000mの速さで流れていることが明らかとなりました。現地観測を行ったボードイン氷河を含めた幾つかの氷河で流れが加速しており、過去10年間に流動速度が2倍近く増加していた氷河もありました。



ボードイン氷河の流動速度



カービング氷河の流動速度
赤色に近いほど速い流れであることを示す

過去約10年間に末端が大きく後退していた氷河では流動速度の増加も観測されました。

今後、氷河の後退と流動の加速のメカニズムを明らかにする必要があります。