

グリーンランドの氷河で生まれては消える湖

～AI（人工知能）による衛星画像の自動解析で氷河湖の変動を解明～

ポイント

- ・最新の AI 技術を用いて、氷河湖の形成と消滅を高い精度で解析。
- ・氷河湖の変動が、氷河の流動や起伏、夏の気候にコントロールされることが判明。
- ・地球温暖化によって氷河湖の形成が氷床内陸まで広がる見込み。

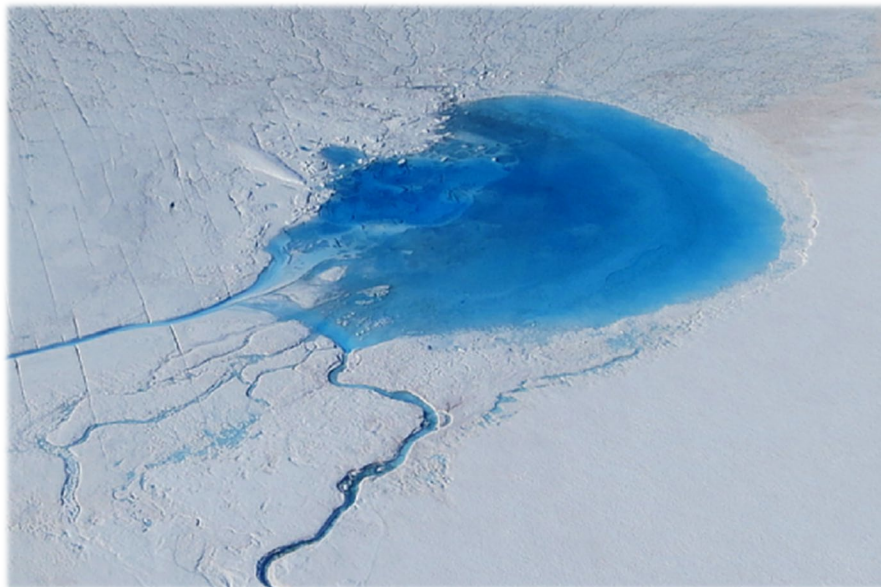
概要

北海道大学低温科学研究所の王 鄴凡博士研究員と杉山 慎教授らの研究グループは、AI 技術の一つである機械学習法によって大量の衛星画像を解析し、グリーンランドの氷河上で季節的に形成される氷河湖の位置や大きさを 8 年間にわたって測定しました。氷河氷床融解への影響が危惧される湖の変動を、最新の解析技術によって明らかにする取り組みです。

研究の結果、湖が生まれる頻度は氷河上の起伏や流動速度に影響を受けることが分かりました。流れが穏やかで表面が平坦な氷河では、より多くの湖が作られる傾向があります。また 6 月初旬から中旬にかけて雪や氷の融け水によって氷河湖が生まれ、その後 8 月下旬に消失する季節変化が明らかになりました。湖の拡大規模は気候に影響を受けており、夏の気温が高くて融解が促進される年には総面積が拡大することが分かりました。

この研究成果は、グリーンランド北西部における氷河湖変動を世界に先駆けて明らかにするものです。温暖化が進むグリーンランドでは、今後湖が拡大して氷河の融解を促進する可能性があり、融解水による海水準上昇を予測する上でも重要な成果です。また、最新の機械学習法を氷河と湖の測定に適用した点でも注目されます。グリーンランド北西部では日本の研究グループによる集中的な研究が行われており、今後は他分野との連携による研究の発展が期待されます。

本研究成果は、2024 年 1 月 26 日（金）公開の Remote Sensing of Environment 誌にオンライン掲載されました。



グリーンランドの氷河上に形成される湖（大きさは数 100 メートル）。

【背景】

グリーンランドの氷河氷床の上には、融け水を貯えた湖が形成されます。これらの氷河湖は、周囲の氷と比較して反射率が低いため太陽光を吸収しやすく、氷の融解を促進させます。また、湖が急に排水されると大量の融け水が氷河の底に流れ込んで氷の加速が引き起こされます。その結果、氷河氷床の縮小が促進して海水準の上昇に繋がる恐れがあります。

グリーンランド北西部では日本の北極研究プロジェクトによる集中的な研究が行われており、氷河と海洋の変化、及びそれらが海洋生態系と人間社会に与える影響が調査されています。ヘイルプリン氷河とトレイシー氷河はこの地域で最大の氷河で、流出する融け水や氷山が海の生態系に重要な影響を及ぼしています（図1）。これらの氷河にたくさんの湖が存在することは知られていましたが、氷河上湖の変動や氷河への影響については研究例がありません。また大量の衛星画像を使って無数の湖を解析するには労力と時間がかかるため、新しい解析手法が必要とされていました。

【研究手法】

本研究ではまず、グーグル・アース・エンジンと呼ばれる解析プラットフォームを用いて衛星画像を選別し、雲量、日射量、撮影時間などの条件を満たす画像を約450枚選び出しました。次に、ランダム・フォレストという機械学習法（AI技術の一つ）を用いて、光の反射率など画像内の特徴に基づいて、湖の位置と形を自動測定しました。その結果から、2014年から2021年までの8年間にわたる湖の変化を、高い時間分解能で明らかにしました。また得られたデータを、氷河の表面傾斜、氷の流動速度、気候条件等と比較することで、氷河湖の形成や分布を決める要因を調査しました。

【研究成果】

解析の結果、ヘイルプリン氷河における最大の湖面積（22.8 km²）は、トレイシー氷河（7.6 km²）の約3倍でした（図2）。ヘイルプリン氷河は流動が遅いためクレバスが少なく、氷の表面が平坦で窪地が多いため、湖が形成されやすいためです。氷河湖面積の年々変動は、積算暖度*¹と良い相関があり、夏期の雪氷融解量に影響を受けて変化すると考えられます。たとえば2016年と2019年には湖の面積が大きく広がりましたが、比較的夏の気温が低かった2017年と2018年はその面積が小さくなりました（図3）。このような年々変動は、特に標高800メートル以上の地域で顕著です。湖は平衡線高度*²よりも低い標高に形成される特徴がありますが、その上限が気候によって変動することが示されました。

一方、湖の季節変動を調べたところ、湖は雪や氷の融解が始まる6月上旬から中旬にかけて形成され、湖の多くが8月下旬までに消失することが分かりました。たとえばヘイルプリン氷河の標高400～800mの地域では、7月上旬に急激な排水イベントが起きて湖の面積が急激に減少しました。その際に湖水は氷河底面に流入したと考えられるため、氷河の流動速度に大きな影響を与えたと推定されます。

以上の結果は、氷河湖の形成と消滅が、氷河の質量収支とダイナミクスに与える影響を理解するために貴重な知見を与えます。特に湖の変動と気候の関係性は、温暖化によってグリーンランドのより内陸に湖が拡大する傾向を示唆しており、氷河氷床の将来変動を考える上で重要です。すなわち、融解促進や氷の加速による氷河氷床のさらなる縮小が危惧されます。

【今後への期待】

本研究によって、機械学習法による衛星画像の自動解析が、氷河湖の測定に有効であることが示されました。この手法を用いれば、グリーンランド全体や、南極など世界各地での氷河湖変動をモニタリングすることが可能となります。またこの取り組みは、日本が北極域で進める総合的な研究プロジェクト（ArCS II）の下で実施されました。今後はプロジェクトに参画する多様な研究者との協働によって、グリーンランド氷床の将来変動予測、気候や海洋との相互作用への展開、さらにはグリーンランド社会への影響評価にも繋がる成果が期待されます。

【謝辞】

本研究は北極域研究加速プロジェクト（ArCS II, JPMXD1420318865）の一環として実施されました。

論文情報

論文名	Supraglacial lake evolution on Tracy and Heilprin Glaciers in northwestern Greenland from 2014 to 2021（グリーンランド北西部トレイシー氷河及びヘイルプリン氷河における 2014～2021 年の氷河湖変動）
著者名	王 鄴凡、杉山 慎（北海道大学低温科学研究所）
雑誌名	Remote Sensing of Environment（リモートセンシングの専門誌）
DOI	10.1016/j.rse.2024.114006
公表日	2024 年 1 月 26 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 教授 杉山 慎（すぎやましん）
TEL 011-706-7441 FAX 011-706-7142 メール sugishin@lowtem.hokudai.ac.jp
URL <http://www.ice.lowtem.hokudai.ac.jp/~sugishin/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）
TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

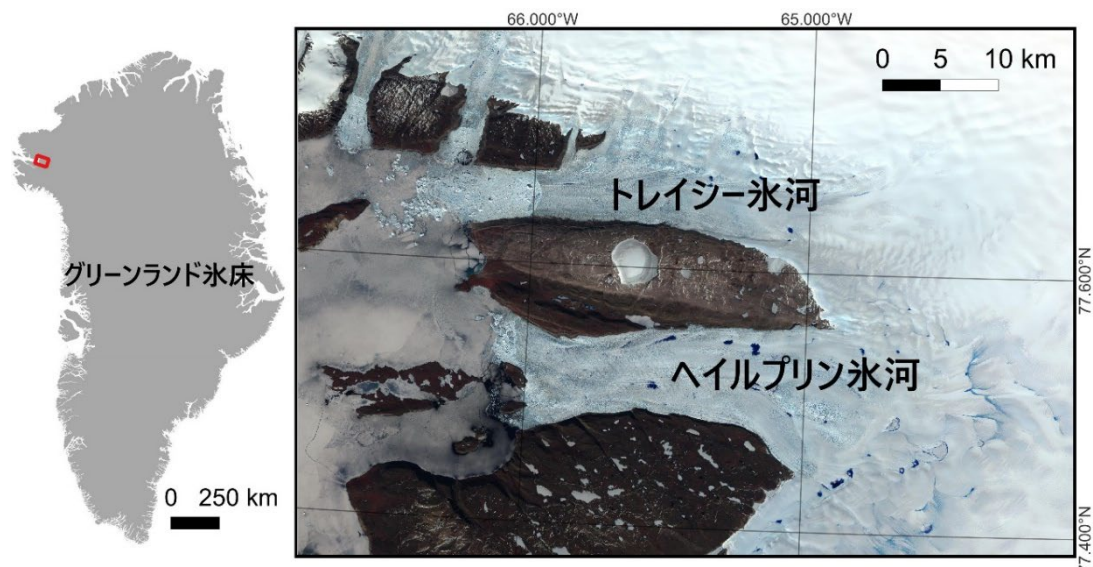


図 1. 左：グリーンランド氷床、赤枠が右図に示す南西部の研究対象地。右：研究を行ったトレイシー氷河とヘイルプリン氷河。氷河上に青く見えるのが湖。

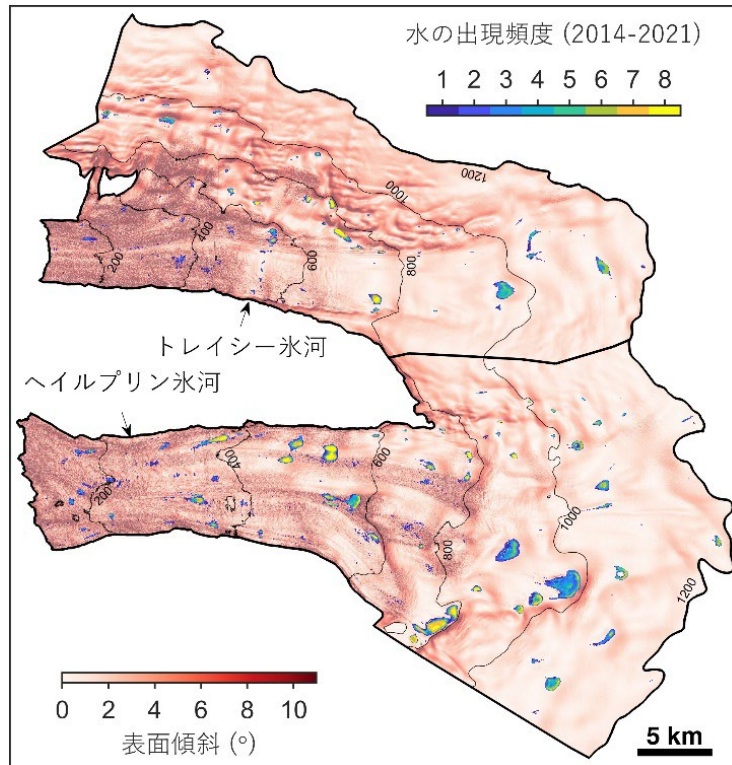


図2. トレイシー氷河とヘイルプリン氷河の上に形成された湖の分布。青～黄のカラースケールは2014～2021年における湖の出現頻度（黄色の場所で湖が頻繁に形成される）。赤～白のカラースケールは表面傾斜（白い地域は平坦で湖が形成されやすい）。

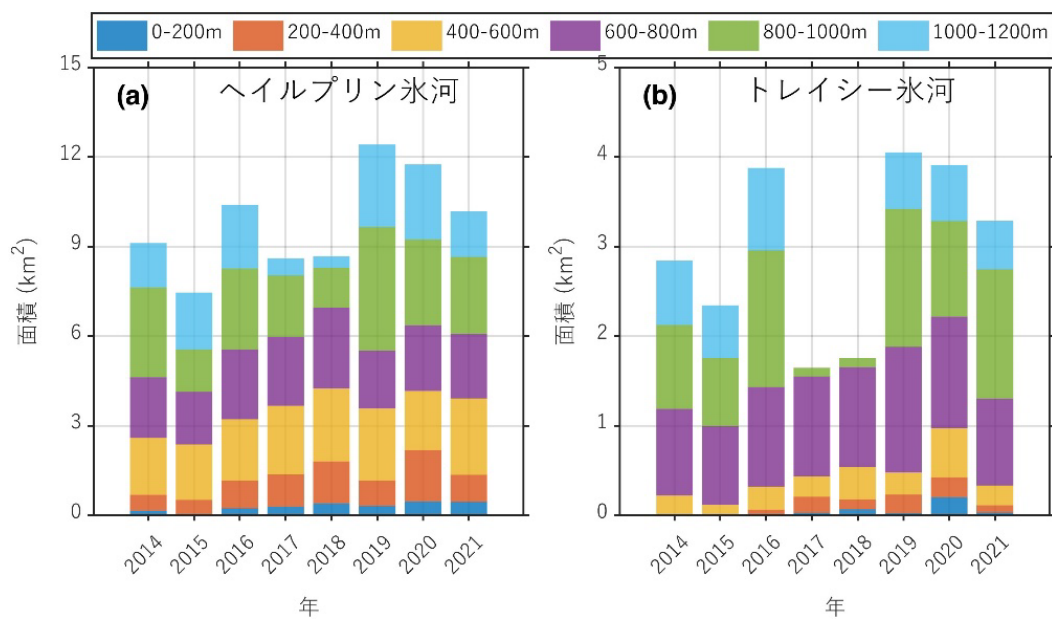


図3. (a) ヘイルプリン氷河と (b) トレイシー氷河の各標高域に形成された湖の、2014～2021年における総面積の変動。棒グラフの高さが総面積、色分けが標高域を示す。

【用語解説】

- *1 積算暖度 … 日平均気温が0°C以上の日数を累積したもので、雪氷融解量の指標となる。
- *2 平衡線高度 … 氷河上で一年間の降雪量と融解量が等しくなる標高。