

(別紙様式10)

2020年度 北極域研究共同推進拠点 共同研究等報告書

- 【申請区分】: 萌芽的異分野連携共同研究 共同推進研究
 産学官連携フュージビリティ・スタディ
 共同研究集会 産学官連携課題設定集会
- 【研究課題名】: グリーンランド氷床モニタリング観測網 (GLISN) データを用いた
氷河地震活動・氷床～地殻マントル構造・氷床底面融解度の推定
- 【研究期間】: 2020年度 ～ 2020年度

【共同研究員】

共同研究員	氏名	所属・職名	専門分野	区分
研究代表者 (拠点内外) (注2)	金尾 政紀	国立極地研究所 地圏研究 グループ・准教授	地震学	
研究分担者 (拠点外) (注2)	榎本 浩之	国立極地研究所 国際北極 環境研究センター・教授	雪氷学	
	豊国 源知	東北大学大学院 理学研究 科・助教	地震学	
	坪井 誠司	海洋研究開発機構 地球情 報基盤センター・情報技術 担当役	地震学	
研究協力者 (注2) (注3)	Kent Anderson	アメリカ統一地震学研究シス テム・ディレクター	地震学	
	Trine Dahl-Jensen	デンマーク及びグリーンラン ド地質調査所・室長	地震学	

(注2) 拠点内外については、募集要項別添の北極域研究共同推進拠点を形成する3研究施設の研究者リストをご覧ください。

(注3) 計画申請書に含まれていなかった方でも結果的に本共同研究に参画された方(招へい者等)が居られれば、研究協力者として記述して下さい。

【研究の内容】

(1) 概要を400字以内(文字のみ)で記載してください。

グリーンランド氷床変動の長期監視に向けた国際的な研究活動「グリーンランド氷床の地震モニタリング観測計画(The GreenLand Ice Sheet monitoring Network; GLISN)」での取得データを用いた本研究により、氷床上を伝搬する表面波ノイズ相関解析による微動源の推定、グリーンランド全域での氷床底面の融融状態の推定を継続・発展すると共に、国際極年 IPY 以降における周辺域の利用可能な地震波形や走時データを利用し、氷床とその下の地球内部構造を地球物理・地質情報と比

較した。さらに、氷床下の地殻・上部マントルの地震波速度3次元構造を地震波走時トモグラフィー解析により求め、他地球物理・地質学的データとの比較を行った。我が国は平成 23 年度より米国 IRIS との共同で、科研費補助金等をベースに氷床上の観測点(ICE-S、標高 2,900m)を設置・毎年夏期間の現地観測を行っていたが、2020 年度においては新型コロナウイルス(COVID-19)の影響により、グリーンランド氷床上での現地観測は実施できなかった。

(2) 図表や写真も交えて、研究の内容や成果等を 2000 字程度でまとめてください。

近年グリーンランド氷床は、衛星データ等より氷体積の減少速度が顕著に加速している。これに伴い氷床縁辺の流動・崩壊・流出に関連した振動現象である「氷河地震」が 21 世紀になり顕著に増加しており、その発生機構と時空間分布の解明は温暖化に伴う氷床変動と増幅作用を知る上で重要である。氷河地震は、氷河・棚氷の流出、氷崖の崩落、氷床底面流動による基盤岩摩擦、氷床表面の融解、氷床下湖からの流出等で起こるが、その励起メカニズムは未解明な部分が多い。また海洋変動や氷床後退に伴う固体地球隆起応答(GIA)との関連もあり、氷河地震は氷床下部・底面状態等のモニタリングをはじめ、極域表層環境変動の検知のための新指標となる。

ポスト国際極年(IPY)では、グリーンランド氷床変動の長期監視に向けた国際的な研究活動「グリーンランド氷床の地震モニタリング観測計画(The GreenLand Ice Sheet monitoring Network; GLISN)」が行われている。GLISN は世界科学会議(ICSU)下の国際地震学会(IASPEI)の国際デジタル地震観測網(FDSN)で提案され、気候変動監視と温暖化増幅メカニズム解明を目的とし、NSF による予算支援を柱にした 14 カ国の国際共同プロジェクトで(Clinton, Tsuboi et al., Eos Trans., AGU, 2014)、SCAR/SERCE, IASC/SAON, IPY/POLENET 等との連携して実施している。我が国は平成 23 年度より米国 IRIS との共同で、科研費補助金等をベースに氷床上の観測点(ICE-S、標高 2,900m)を設置・毎年夏期間の現地観測を行っていたが、2020 年度は新型コロナウイルス(COVID-19)の影響により、グリーンランド氷床上での現地観測は実施できなかった。

観測データを用いた研究では、氷床上を伝搬する表面波ノイズ相関解析による微動源の推定、グリーンランド全域での氷床底面の溶融状態の推定を継続・発展すると共に、国際極年 IPY 以降における周辺域の利用可能な地震波形や走時データを利用し、氷床とその下の地球内部構造を地球物理・地質情報と比較する。さらに、氷床下の地殻・上部マントルの地震波速度3次元構造を地震波走時トモグラフィー解析により求め、他地球物理・地質学的データとの比較を目的とした。

2020 年度の研究では、GLISN 観測データを用いて走時トモグラフィー手法によりグリーンランド直下・周辺域の全地殻・マントルの地震波 3 次元構造を詳細に求めた(Toyokuni et al., 2020a; 2020b)。主な成果は下記の通りである:(1) グリーンランド直下の核-マントル境界からマントル遷移層の底まで上昇する未知のホットプルームを発見し、「グリーンランドプルーム」と命名した(図 1)、(2) スバル諸島西部直下の上部マントルに未知のホットプルームを発見し、「スバルバルプルーム」と命名した(図 1)、(3) グリーンランド氷床直下の地殻内に、グリーンランドを乗せたプレートが過去(8~2 千万年前)にアイスランドプルームの上を通過したことに伴う熱軌跡に対応する低速度域を見いだした。類似した特徴は先行研究でも指摘されていたが、本研究で初めて、低速度域が地殻内の高温域と一致することが確かめられ、熱軌跡であることが明確となった。さらに未知

であったヤンマイエンブルームの熱軌跡も発見した。(4) グリーンランド氷床が底部で大規模に融けている地域は、(3)の2つの熱軌跡の交点に位置していることが見いだされた。交点では他の地域よりも地殻の温度が上昇していると考えられることから、従来謎であった氷床底部融解のメカニズムを初めて説明する概念で、氷床融解や全地球海面上昇の予測にも大きく寄与すると考えられる。

本研究により期待される効果としては、氷河地震は極域表層環境変動の新指標となる可能性が高く、その地震活動から温暖化の影響を評価する研究は独創的であり、グリーンランド氷床の気候変動に対する応答メカニズム解明と将来予測に関する新しい学際的視点をもたらすと期待される。氷河地震の発生機構研究は、地震活動の時間的推移と氷河末端部のダイナミクス解明への貢献が期待され、また他の雪氷学・気象学・地球物理学データとの比較により、新知見が得られる可能性がある。さらに、気候モデリングや氷床古環境との対比・連携により、気候変動のグリーンランド氷床変動に及ぼす影響の精度向上にも貢献する。

特に、GLISN 観測データを用いた地震波干渉法・地震波トモグラフィ手法により得られる、グリーンランド氷床下の地殻・上部マントルの地震波速度構造・熱構造と地殻熱流量、氷床下部・及び氷床底面での融解状態の把握は、経年変化・季節変化を考察することで、北半球の温暖化のグリーンランド氷床への影響とその増幅メカニズム解明へ貢献する。これらの研究を発展させれば、氷床底部からの融水量を地震観測から関節的に推定することができ、将来の海水準変動予測の精度向上にも役立つことが期待される。

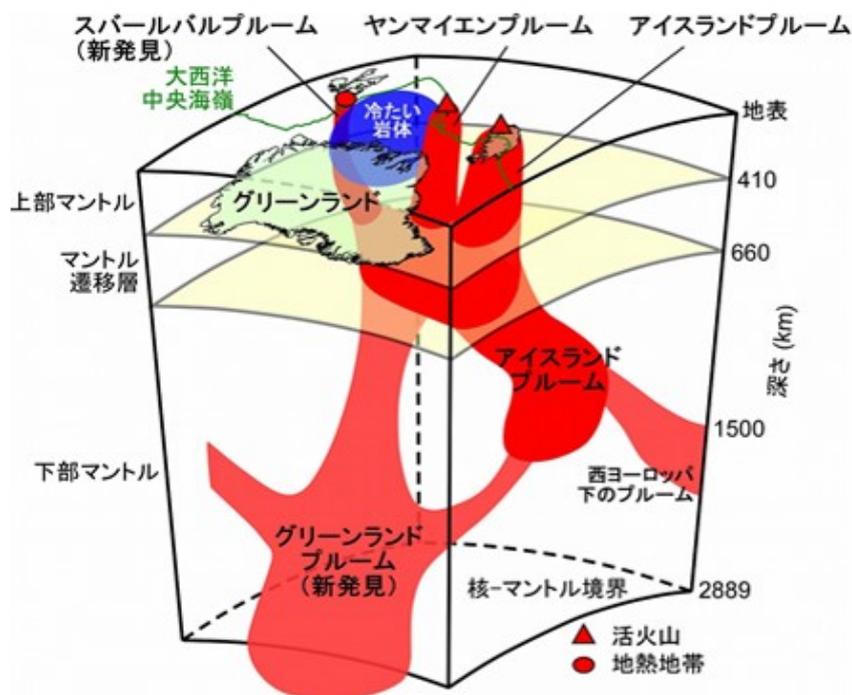


図 1. 本研究で明らかとなったブルームとその相互関係 (Toyokuni et al., 2020b)。

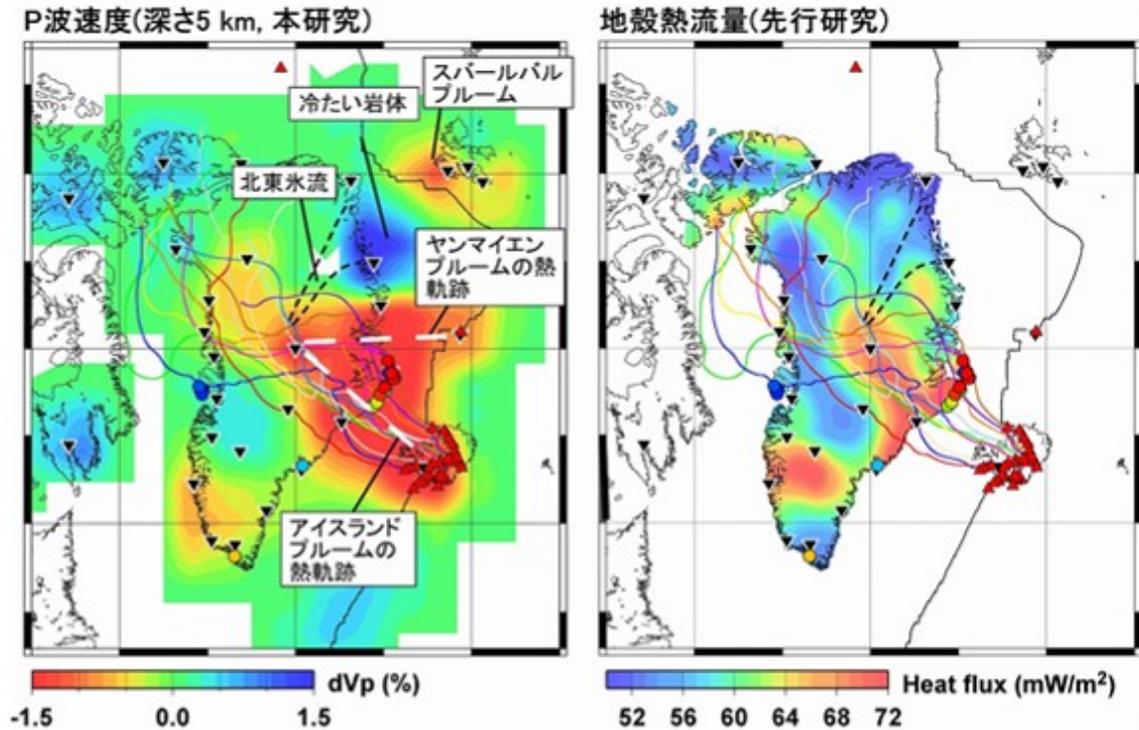


図 2. 本研究で得られた地殻内の P 波速度構造 (左) と先行研究による地殻熱流量 (右) の比較 (Toyokuni et al., 2020a)。左図の赤色の低地震波速度域の分布が、右図の赤色の高地殻熱流量域とよく一致している。左図の白点線は、低地震波速度域をなぞって得られるアイスランドプルームとヤンマイエンプルームの熱軌跡。黒点線で囲まれた地域は、氷床の底部融解による流れが存在する地域 (北東氷流) で、その水源は 2 つの熱軌跡の交点に位置している。▲は活火山、○は温泉。色付きの実線は、様々な先行研究で推定されたアイスランドプルームの軌跡。

(3) 本共同研究に関する活動・実績等を下表に記入してください。

①研究打合せ、学会参加・集会(注 4)、調査等

(注 4) 研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者によるもの

日程(月日)	日数 (日)	活動内容	場所	研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者の参加者名・部署	参加者数 (人)

②研究論文

研究代表者並びに、研究分担者あるいは研究協力者が著者の関連論文がありましたら可能な限り記載ください。

論文が複数ある場合は、そのフォーマットとして論文 1 の分をコピーして記載してください。

論文 1

項目	記入要項	回答
(1)著者名(共著者名含む)、 発行年、論文タイトル、掲載 誌名、巻・号、ページ数、 DOI、出版年月日	Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020a): P-wave tomography beneath Greenland and surrounding regions: 1. Crust and upper mantle. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 125, e2020JB019837. https://doi.org/10.1029/2020JB019837	
(1)著者名(共著者名含む)、 発行年、論文タイトル、掲載 誌名、巻・号、ページ数、 DOI、出版年月日	Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020b): P-wave tomography beneath Greenland and surrounding regions: 2. Lower mantle. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 125, e2020JB019839. https://doi.org/10.1029/2020JB019839	

③研究書等著書

著書名・著者名	出版年月	出版社名

④特許等出願

特許、実用新案、商標

⑤研究発表(資料添付も可)

発表年月日	発表者名(共著者を含む)	発表タイトル	発表学会等名称	発表地	招待講演 (○)
2021.3.20-26	Kanao, M., Toyokuni, G., Tsuboi, S.	A decade of contribution to the Greenland Ice Sheet Monitoring Network (GLISN)	Arctic Science Summit Week 2021	Online	
2020.7.12-16	Toyokuni, G., Kanao, M., Tsuboi, S.	Seismic observations in Greenland by a joint USA and Japanese	JpGU-AGU Joint Meeting 2020	Online	

		GLISN team (2011–2019)			
2020.7.12-16	Toyokuni, G., Matsuno, T., Zhao, D.	P-wave tomography beneath Greenland and surrounding region	JpGU-AGU Joint Meeting 2020	Online	

⑥国際シンポジウム等(資料添付も可)

参加をした主な国際シンポジウム等		
開催時期(年月)	国際シンポジウム等名称	招待講演/議長の有無

⑦本共同研究に関し実施(主催、共催、後援等)したシンポジウム・集会(注6)等(資料添付も可)

(注6) 研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者以外を含む参加募集によるもの

開催日	実施地 (国、県、市など)	形態 (注7)	シンポジウム・集会等名称	目的及び概要	対象者 (注7)	参加人数 (海外(注8))

(注7)

形態:シンポジウム、セミナー、公開講座、ワークショップ、その他

対象:一般、地域、学生、研究者

(注8) 海外機関に所属するもの

⑧本拠点共同研究に係る成果が科学研究費などの外部資金の応募(予定を含む)やプロジェクトに発展した例があればご記入ください。

・プロジェクト名 ・代表者・関係者(所属) ・関係研究者 ・予定の場合は、(予定)と記載してください	・プロジェクトの主な財源 ・金額	プロジェクト期間	・プロジェクト概要 (目的・期待効果、規模、参加国等) ・これまでの本共同研究との関連性 (300字程度)

⑨研究成果が一般社会産業界などに還元(応用)された事例や新しい研究分野の開拓や教育活動に反映された事例(資料添付も可)

⑩その他国際研究協力活動事例

事業名	概要	受入人数	派遣人数

⑪学会賞等受賞、アウトリーチ、取材、その他

年月日	所在・出典・新聞名等	受賞者・関係者(所属)	研究課題名・賞名・内容等

記事コピー等を添付してください。

⑫コロナ禍の影響と対策

本共同研究へのコロナ禍の影響と対策(改善・代替策、計画変更、工夫等)、助成金執行率(%)について記述してください。

影響の事象	対策の有無と内容 (計画変更・中止、改善・代替策、工夫等)