平成31年 1月11日

北海道大学 北極域研究センター長 殿

氏 名 渡邊 茜

終了報告書

・派遣支援先 機関名：Aberystwyth University (国名：イギリス)

・受入研究者 Dr. Tristram Irvine-Fynn

・研究課題名 (和文・英文)

(和文) グリーンランド氷床の暗色域の表面スペクトル反射率の解析

(英文) Analysis of spectral reflectance on the ice surface in the dark region of Greenland Ice Sheet

・派遣支援期間：平成30年 11月 25日 ~ 平成30年 12月 16日

1. 派遣支援期間中の研究実施状況及びその成果・・・任意様式 (A4判2ページ以上)

(研究実施状況概要：何をどこまで実施したか、どんな成果が得られたか、具体的に記載)

■ 実施概要

本派遣では、グリーンランド氷床南西部における氷河表面の反射率低下のメカニズムの解明を目的とした英国 Aberystwyth University と千葉大学の共同研究の一環として、主に氷床表面の反射率の観測データの解析を実施した。解析に使用したデータは、グリーンランド氷床の暗色化について研究を行っている英国のプロジェクト“Black & Bloom”によって受入研究者である Irvine-Fynn 博士が、2016年の融解期の約1ヶ月間30地点で測定した、時空間的に非常に密な可視-近赤外域の氷河表面反射率データである。解析の結果、反射率の時間変動は、可視域では地点差が大きく明確な傾向が見られなかったが、近赤外域では7月中旬から下旬にかけて低下し、8月上旬に上昇するという傾向が地点間で共通して見られた。滞在中に、修士課程で研究してきた日本国内の雪氷藻類の研究成果についてセミナー発表を行い、雪氷上の微生物活動と氷河融解への影響について、Aberystwyth University の氷河研究グループの大学院生や教員と情報交換、議論を行った。今後は、反射率の空間分布と氷河上の微地形の関係や、可視域の反射率変化と近赤外域の反射率変化の関連に着目して解析を行い、引き続き Irvine-Fynn 博士と共同研究を進めていく予定である。

■ 研究の背景と目的

グリーンランド氷床は地球上の氷河の約 10%を占める。その融解は、海水準の上昇や海洋循環、生態系に大きく影響しうるため、融解量の実態把握と近未来予測が急務である。近年、グリーンランド氷床の急激な融解が確認されており、この融解には、地球温暖化による気温上昇のほかに、氷河表面の反射率の低下（暗色化）が寄与していると報告されている (Box et al., 2012)。暗色化の原因は単一ではなく、氷河上での微生物の繁殖や、氷河上への黒色炭素や鉱物ダストなど不純物の供給、氷河表面の積雪粒径の拡大、表面氷の微構造の変化などが挙げられる。これらの要因がそれぞれ反射率低下に寄与する度合いや、反射率の時空間変化を把握することは、今後の融解を予測する上で重要である。

氷河表面の反射率低下の評価方法の一つとして、反射スペクトルデータの解析がある。反射スペクトルは、放射スペクトルメータを用いて可視近赤外波長域の連続反射率を測定することで求められる。反射スペクトルは、氷河表面で繁殖している微生物の色素や、有機物や鉱物粒子の光学特性、表面氷の微構造や粒径含水率を反映して様々な形状をとる。そのため、反射スペクトルの波形を統計的に解析することで、氷河表面の反射率に寄与している要因を定量的に評価することができる。

グリーンランド南西部では、イギリスの研究グループが集中的に観測を行っており、時空間的に非常に密な氷河表面反射率データが得られている。そこで本研究では、Aberystwyth University の Irvine-Fynn 博士との共同研究として、グリーンランド氷床南西部で 2016 年の融解期の約 1 ヶ月間、イギリスの研究グループが測定した計 600 の可視-近赤外域の反射率データの解析を行った。反射率低下のプロセスを理解することを目標として、これらのデータから、反射スペクトルの時間変化を求めた。また、現地で観測された気象データとの比較から、気象条件と反射スペクトル変化の関係を考察した。

■ 使用したデータと解析手法

使用した氷河表面の反射スペクトルデータは、氷河上で放射スペクトルメータを用いて、波長 246.5-1755.5 nm の範囲で測定されたものである。測定は、波長 246.5-999.5 nm では 0.5 nm インターバル、波長 999.5-1755.5 nm では 1.75 nm インターバルで行われた。測定日は 2016 年 7 月 16 日、18 日、20 日、22 日、24 日、26 日、8 月 7 日、10 日、13 日、17 日の計 10 回である。調査地点は約 50 m 間隔で格子状に 30 地点設定されており、1 地点につき、氷河表面については 8-10 測定、白板については 2-4 測定が行われた。

使用した気象データは、現地の自動気象測器によって通年で 30 分毎に記録されたものである。観測内容は、気温、相対湿度、風速、風向、下向き短波放射、上向き短波放射、下向き長波放射、上向き長波放射である。

可視域、近赤外域それぞれの測定値について、パソコンを用いて氷河表面における放射量と白板の放射量との比をとり、反射率へ変換する作業を行った。測定機器のノイズによる影響を小さくするため、波長 10 nm 分の反射率の移動平均を計算した。得られた反射率データから反射スペクトルのグラフを作成し、反射スペクトルの時間変化を求めた。

■ 得られた成果

解析の結果、可視域の反射率は期間中に概ね 0.2-0.7 の間を変動していたが、その変動は地点によって大きく異なり、明確な時間変動の傾向はないことが明らかになった。一方、近赤外域の反射率は、地点間である程度共通した時間変動が見られた。近赤外域の反射率は、7月16日にはどの地点でも測定波長の全域で概ね 0.8-1.0 という高い値をとっていたが、7月26日にかけて、測定波長のほぼ全域で、0.0-0.4 程度まで低下する傾向が見られた。反射率が低い状態は8月7日まで続き、8月7日から8月10日の間には測定波長全域で、0.4-1.0 まで反射率が大きく上昇した。その後は8月17日まで、一部の波長で再び反射率が低下する傾向が見られた。さらに、各地点の反射率を比較した結果、7月16日には地点間の反射スペクトル波形にばらつきが見られたが、7月20日までの間に、地点間の反射スペクトル波形の差がほぼなくなり、全地点で均一なスペクトル波形になっていた。その後は8月17日まで、スペクトル波形の地点差は再び大きくなっていった。

反射率と気象データの時間変動を比較した結果、反射率の変化を説明できるような単純な関係は見られなかった。現時点では、反射スペクトルの空間および時間変化についてはっきりとした原因はわからないが、今後は、UAV を用いて作成された DEM を利用し、反射率の空間分布と氷河上の微地形との関係に着目して解析を行う予定である。また、各スペクトル形状について、藻類色素や不純物、氷の含水率や粒径変化による特徴的な吸収帯が見られるかどうかに着目して統計的解析を行い、可視域の反射率と近赤外域の反射率の関連を明らかにしていく予定である。

2. 派遣支援期間中の研究発表概要・・・任意様式（研究実施による研究成果の論文発表、学会発表等）
なし
3. 派遣支援期間中の受賞歴・・・任意様式（受賞名、授賞機関、受賞テーマ、受賞年月日等）
なし
4. 派遣支援期間中のアウトリーチ活動・・・任意様式（講演会等）
なし

引用文献

Box, J.E., Fettweis, X., Stroeve, J.C., Tedesco, M., Hall, D.K., and Steffen, K., 2012, Greenland ice sheet albedo feedback: Thermodynamics and atmospheric drivers, *Cryosphere*, **6**, 821-839