

グリーンランド氷床表面温度変化に与える雪氷微生物の影響

島田利元^{1,2}、竹内望¹、青木輝夫²

¹ 千葉大学

² 気象研究所

Effect of microorganism on Greenland ice sheet surface temperature change

Rigen Shimada^{1,2}, Nozomu Takeuchi¹ and Teruo Aoki²

¹Chiba University

²Meteorological Research Institute

Greenland ice sheet holds approximately 10% of the fresh water on earth. If it melts all, sea level rises about 7.2meter. It is reported that mass of Greenland ice sheet is decreasing with temperature rising of climate change. Melting of the coastal area is particularly noticeable. It is established that 4 to 23% of the sea level rising from 1993 to 2005 is caused by the melting of Greenland ice sheet. In 2010, amount of melting per year became its maximum.

However many climate models aren't able to simulate the recent melting of snow and ice in the Arctic including Greenland. One of the possible causes is albedo reduction of snow and ice surface by light absorbing snow impurities such as black carbon and dust and by glacial microorganisms. But there are few researches for effect of glacial microorganism in wide area. So it is important to clarify the impact of glacial microorganisms in wide area.

The purpose of this study is to clarify the effect of microorganism on Greenland ice sheet surface temperature change using satellite images of visible, near infrared and thermal infrared wavelength range and observation carried out in northwestern Greenland.

We use MODIS Land Surface Temperature Product as ice sheet surface temperature. It estimates land surface temperature based on split window method using thermal infrared bands. MODIS data is bound to cover the whole of Greenland, and calculated the ratio of the temperature change per year. Analysis period is from December 2002 to November 2010.

Results of calculating Greenland ice sheet surface temperature change using the MODIS data, our analysis shows that it is upward trend in the whole region. We find a striking upward trend in northern and western part of Greenland. The rate is 0.33 ± 0.03 degree Celsius per a year from 47.5° W to 49° W. While in the coastal area from 49° W to 50.7° W, the rate is 0.26 ± 0.06 degree Celsius per a year. This large upward trend area is the same area as dark region (Wientjes and Oerleman., 2010). It is considered that the cause of the dark region is Cryoconite on the glacier. So, upward trends have relation to glacial microorganism including cryoconite.

In the future, in order to clarify the relationship between temperature change and glacial microorganism, we will develop product to determine the quantity of glacial microorganism by satellite images.

気候変動に於ける全球的な温度上昇に伴い、世界中の淡水の約 10%を保持し、その全てが融解すると海水準が約 7.2m 上昇するグリーンランド氷床の急激な融解、質量の減少が報告されている。

特に縁辺部での融解が顕著であり、1993 年から 2005 年までの海面上昇の 4~23%がグリーンランド氷床の融解によって引き起こされたと見積もられており、2010 年には一年間の融解量が過去最大になったと報告されている。

しかしながらグリーンランドをはじめとした北極圏における近年の雪氷の融解を多くの気候モデルが再現できていない。その原因として黒色炭素などによる積雪汚染と雪氷微生物による雪氷面アルベドの低下が挙げられる。特に雪氷微生物の影響を広域に求めた研究は少なく、その影響を明らかにすることは重要である。

本研究の目的は近年融解が顕著なグリーンランド氷床表面温度変化に与える雪氷微生物の影響を人工衛星による可視・近赤外域の波長を用いた反射率と熱赤外域の波長を用いた氷床表面温度の観測およびグリーンランド北西部において実施される現地観測から広域的に明らかにすることである。本稿では人工衛星を用いた氷床表面温度変化を解析した結果を報告する。

氷床表面温度は、地球観測衛星 Terra/Aqua に搭載されている中分解能撮像分光放射計 (MODIS) で観測されたデータをもとに地表面温度を推定した MYD11C1 Daily LST Product のデータを用いた。このプロダクトは観察する対象物の放射率を仮定し Wan et al.,(1996)による熱赤外 2ch を用いた手法を適用し地表面温度を推定している。

MODIS データはグリーンランド全域を網羅するようモザイク処理により結合し、緯度・経度ごとの時系列データをもとに、最小二乗法を用いて算出できる温度の一年あたりの変化の割合を求めた。

解析期間は 2002 年 12 月から 2010 年 11 月である。

氷床表面温度変化を MODIS より求めた結果、グリーンランド氷床全域で上昇傾向にあることがわかった。特に北部・西部沿岸域において表面温度の上昇傾向が大きく(図 2 左)、西経 47.5 度から 49 度の地域では一年あたり $0.33 \pm 0.03^\circ\text{C}$ 上昇していることがわかった。また氷床末端の西経 49 度から 50.7 度の地域の温度の上昇傾向は

0.26±0.06°Cであり、中流域の方が表面温度の上昇傾向が大きいことがわかった。表面温度の上昇傾向が大きい箇所は Wientjes and Oerleman(2010)で示された氷河の暗色域(dark region, 図2右)と一致していることから、反射率の高い氷床末端付近では温度上昇が小さいのに対し、反射率の低い中流域(暗色域)では温度上昇が大きいことがわかった。また西経 50.75 度から 55 度の裸地では 0.31±0.11°Cであり、氷床末端よりも上昇傾向が大きいことがわかった。

暗色域の原因は氷河上に堆積するクリオコナイトであることが報告されている(Wientjes et al., 2011)。よって温度の上昇傾向とクリオコナイトをはじめとした雪氷微生物の存在が影響し合っていると考えられる。

MODIS データを用いてグリーンランド氷床表面温度変化を算出した結果、北部および西部において温度の上昇傾向が大きいことがわかった。温度の上昇傾向は特に西部沿岸域でみられる氷河の暗色域においてが大きいことから温度変化と雪氷微生物とが影響し合っていると考えられる。

今後は温度変化と雪氷微生物との関係を明らかにするため、グリーンランド北西部で表面温度と雪氷微生物の観測を行う予定である。

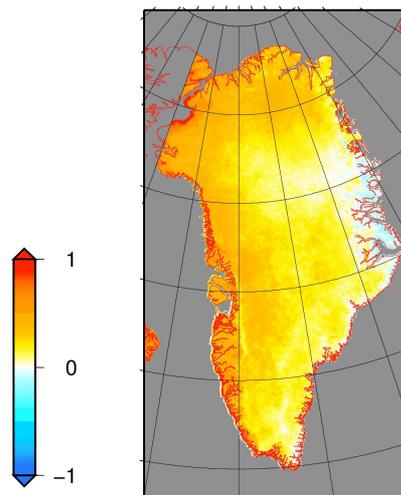


Figure 1. Greenland ice sheet surface temperature change

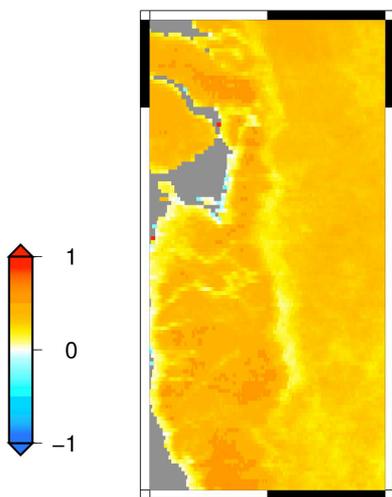


Figure 2. Surface temperature change in Dark Region

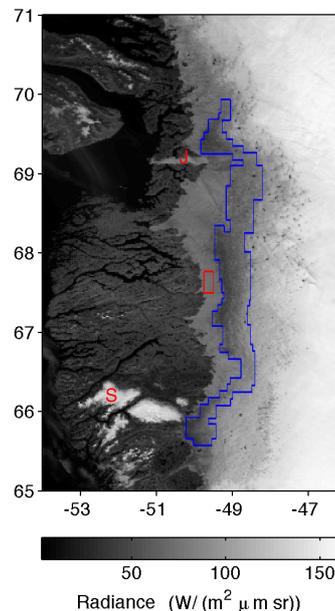


Figure 3. Surface reflectance in Dark Region (Wientjes and Oerlman, 2010)

References

Wientjes and Oerlman, An explanation for the dark region in the western melt zone of the Greenland ice sheet, *The Cryosphere*, 4, 261–268, 2010