

重力衛星 GRACE によって明らかになった北極圏島嶼の小氷河帯 (アイスランド、スヴァールバル諸島、東北極諸島) の氷消失

Ice loss in small glacier systems of the Arctic Islands (Iceland, Svalbard, the East Arctic Islands) revealed by GRACE

松尾 功二^{1*}, 日置 幸介¹
MATSUO, Koji^{1*}, HEKI, Kosuke¹

¹ 北海道大学理学院自然史科学

¹Dept. Natural His. Sci., Hokkaido Univ.

北極圏の島々は、陸域の80%以上が氷氷(氷床、氷河、氷帽)で覆われており、北半球で最も多くの氷氷を有する地域である。北極圏の島々には、グリーンランド、北極諸島(Canadian Arctic Archipelago)、アイスランド、西北極諸島(Svalbard)、東北極諸島(Novaya Zemlya, Severnaya Zemlya, and Franz Joseph Land)などが含まれる。北極圏の氷氷の被覆面積はおよそ2,000,000 km²で、そのほとんどは氷床としてグリーンランドに存在する(1,750,000 km²)。氷河・氷帽に関しては、半数が北極諸島に存在し(150,000 km²)、およそ4分の1がグリーンランド(76,000 km²)、残りの4分の1がアイスランド、東西北極諸島(100,000 km²)に存在する。

近年、地球温暖化に伴う氷床・氷河の急速な後退が世界中で報告されている。2002年に地球の重力変動観測を目的に打ち上げられた双子型衛星 Gravity Recovery and Climate Experience (GRACE)は、そのような広大な領域で起こる質量変動を二衛星間距離のわずかな変化として捉え、それらの直接的・定量的な計測を可能にした。ここ約10年間に及ぶGRACEの観測によると、南極で190 ± 77 Gt/yr (e.g. Chen et al., 2009)、アラスカで115 ± 20 Gt/yr (e.g. Tamisiea et al., 2005)、アジア高山域で47 ± 13 Gt/yr (Matsuo and Heki, 2010)、パタゴニアで28 ± 11 Gt/yr (Chen et al., 2007)の氷床・氷河の融解速度が明らかになった。北極圏に関しては、グリーンランドで252 ± 28 Gt/yr (e.g. Schrama and Wouters, 2011)、北極諸島で62 ± 10 Gt/yr (Gardner et al., 2011)、西北極諸島で15.2 ± 2.4 Gt/yr (Memin et al., 2011)となっている。しかしながら、北極圏のその他の島々、すなわち、アイスランド、東北極諸島については未だに報告がなされていない。

本研究では、北極圏氷河、とりわけまだ報告がなされていない地域に焦点を当て、GRACEによる2003-2011年の重力変動データを解析し、それらの地域の現在の氷河融解量の推定を試みる。GRACEデータからの氷河融解量の推定手法に関しては、Matsuo and Heki(2010)の手法を踏襲する。また、後氷期回復の寄与はPaulson et al. (2007)のモデルを用いることで補正を行った。そして我々は氷河融解量として、アイスランドで10.9 ± 0.7 Gt/yr、東北極諸島で10.6 ± 3.1 Gt/yr (Novaya Zemlyaで6.9 ± 1.5 Gt/yr、Severnaya Zemlyaで2.6 ± 0.9 Gt/yr、Franz Joseph Landで1.1 ± 0.7 Gt/yr)を得た。これらの結果は、1961-2001年の間に行われたフィールド調査に基づく氷河融解量(アイスランドで2.5 ± 8.7 Gt/yr、東北極諸島で0.8 ± 4.1 Gt/yr)と比べ、はるかに大きい値である。すなわちそれは、世界の氷河融解の加速傾向が、北極圏氷河でも見られることを示唆している。

[参考文献]

- Chen et al. (2007), *Geophys. Res. Lett.*, L22501, doi:10.1029/2007GL031871.
Chen et al. (2009), *Nature Geosci.*, 859-862, doi:10.1038/NGEO694.
Dyrgerov and Meier (2005), *Occasional Paper 58*, University of Colorado, Boulder, p. 118.
Gardner et al. (2011), *Nature*, 357-360, doi:10.1038/nature10089.
Matsuo and Heki (2010), *Earth Plan. Sci. Lett.*, 30-36, doi:10.1016/j.epsl.2009.11.053.
Memin et al. (2011), *Geophys. J. Int.*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04922.x.
Paulson et al. (2011), *Geophys. J. Int.*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03556.x.
Schrama and Wouters (2011), *J. Geophys. Res.*, B02407, doi:10.1029/2009JB006847.
Tamisiea et al. (2005), *Geophys. Res. Lett.*, L20501, doi:10.1029/2005GL023961.

キーワード: 氷河融解, 宇宙測地学, GRACE, 北極圏, 温暖化, 海面上昇

Keywords: Glacial melting, Space geodesy, GRACE, The Arctic, Global warming, Sea level rise

合成開口レーダーで捉えた西クンルン山脈の山岳氷河表面速度場の多様性 Diversity of Glacier Surface Velocity in the West Kunlun Shan, NW Tibet, Detected by Synthetic Aperture Radar

安田 貴俊^{1*}, 古屋 正人²

YASUDA, Takatoshi^{1*}, FURUYA, Masato²

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Department of Natural History Sciences, Hokkaido University

チベット高原北西に位置する西クンルン山脈 (WKS) は偏西風や大陸内循環により運ばれた水蒸気が降水をもたらし、5000m を越える高地かつ寒冷な気候により多くの山岳氷河が発達している。過去に行われた調査から WKS の平均気温は -13.4°C 、降水量は 460mm と共に低く (Zheng et al., 1988), 年間の主な降水は5月から9月の夏季に発生することが分かっている (Kang and Xie, 1989)。氷河の表層にデブリは少なく、この地で採取されたアイスコアの記録から WKS の山岳氷河は極地もしくは多温型氷河であると報告されている (Thompson et al., 1992)。これら先行研究から西クンルン山脈の山岳氷河では短期的な流速の変動は少ない、もしくはないと考えられていた。

本研究では西クンルン山脈の山岳氷河を対象に衛星搭載型の合成開口レーダーが取得したデータを使用しピクセルオフセットによる解析を行った。地形による SAR 画像のずれの補正は SRTM4 Digital Elevation Model を使用した。氷河は地表勾配に沿って流れる平行流を仮定しピクセルオフセット法で得られた結果から氷河表面速度場を最小二乗法的に推定した。

SAR データの解析により、西クンルン山脈の山岳氷河の表面速度場の全容とその多様性が明らかになった。表面速度は同一の表層環境にも関わらず時間・空間的分布が大きく異なっていた。北斜面のある氷河では上流から下流まで連続的に流動し、下流域において明確な季節変動を検出した。別の氷河では表面速度の経年的な加速、末端の前進や散乱強度の増加を検出した (Yasuda and Furuya, JpGU 2011)。南斜面のある氷河では表面速度の経年的な減少、速度分布の変化、下流域における流動の停滞、散乱強度の減少を検出した。下流域の停滞が存在する氷河は他にも観測された。表面速度が季節的に増加する時期は気温や降水量が増加する時期と一致するため、融解した水が氷河の底面滑りに影響を与えていると考えられる。また表面速度の経年的な加速や減速、末端の前進や散乱強度の増加や減少は氷河サージ (Glacier Surge) と呼ばれる現象と一致している。そのため、西クンルン山脈の山岳氷河の多様性は夏季の降水や気温の上昇に加え氷河サージがその一因である可能性がある。

キーワード: 合成開口レーダー, 山岳氷河, 表面速度, 西クンルン山脈, 氷河サージ, 季節変動

Keywords: SAR, mountain glacier, surface velocity, West Kunlun Shan, glacier surge, seasonal variation

L-バンド SAR 衛星 ALOS/PALSAR によるアラスカ・ハバード氷河の流動速度測定 Flow velocity measurement of Hubbard Glacier, Alaska, by L-band Synthetic Aperture Radar, ALOS/PALSAR

阿部 隆博^{1*}, 古屋 正人¹

ABE, Takahiro^{1*}, FURUYA, Masato¹

¹ 北海道大学大学院理学院

¹Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ.

ハバード氷河はユーコン、アラスカをまたぐ全長約 120km もある北米で最大の tidewater 氷河である。ローガン山から流れ出るこの氷河は、アラスカ州南西部のディセンチャットメント湾やラッセルフィオードへ流れ出る。その末端のふるまいは複雑でかつ季節変動が報告されている (e.g., Ritchie et al., 2008)。しかし、上流部や中流部の時空間的なふるまいについてはまだ知られていない。そこで我々は中流部に注目して流動速度を調べた。

我々は 2006 年に JAXA (宇宙航空開発研究機構) が打ち上げた ALOS/PALSAR のデータを解析した。SAR は合成開口レーダの略で、昼夜や天気に関係なく一度に高分解能で広範囲のデータを取得できるという利点を持つ。我々はこのデータを用いてピクセルオフセット解析を行い、流動速度を求めた。さらに、得られた結果と DEM (Digital Elevation Model: 数値標高地図) を用いて、流動の 3 次元分布を推定した。この氷河周辺の 14 個の SAR データを用いて、7 つの期間の流動速度を求め、その時空間的な変化を調べた。

我々はこの要旨執筆の段階で 2 つの主要な結果を得ている。(1): 最大の流動速度は約 1.3m/day であった (2): 冬の流動速度が夏の流動速度を約 80% 上回っている。今のところ、2 つめの結果を説明できるような要因はまだわからない。しかし、もし事実だとすると、これは Ritchie et al (2008) で述べられている末端の季節変化 (冬の前進と夏の後退) と一致する。

当日はユーコンの他の氷河の結果も紹介する予定である。

ALOS/PALSAR と Envisat/ASAR に基づくパタゴニア氷河の流動速度の時空間変化 Space and Time Variations of Glacier Flow Velocities in Patagonia Icefield, Inferred from ALOS/PALSAR and Envisat/ASAR

武藤 みなみ^{1*}, 古屋 正人¹

MUTO, Minami^{1*}, Masato Furuya¹

¹ 北海道大学大学院 理学院 自然史科学部門

¹Dept. Natural History Sci., hokkaido Univ.

近年、南極やグリーンランドの氷河研究において、流動速度の増加とともに末端が後退したという事例が報告されている。同様に近年急激な氷河の後退が報告されている地域として、世界最大の温暖氷塊であるパタゴニア氷原がある。しかし、パタゴニアの氷河の多くも他の氷河・氷床と同様にアクセス困難であることから、連続的かつ広範囲な観測は行われておらず、その流動速度の変化は一部を除いてほとんどわかっていないのが現状である。氷河・氷床の変動が海水準に与える影響を見積もる上でも、パタゴニア氷原の氷河流動は大きな未知数の一つとなっている。そこで、本研究では全天候型マイクロ波リモートセンシングの一種である合成開口レーダー（Synthetic Aperture Radar; SAR）を用いて、パタゴニア氷河の流動速度を推定した。

本研究では、ALOS/PALSAR（日本名「だいち」、2006年～2011年）と Envisat/ASAR（2002年～）の二つの衛星のデータを用いて Pixel offset（別名 Feature tracking）法を適用し、Perito Moreno 氷河をはじめとする南パタゴニア氷原のいくつかの氷河の流動を検出した。そして、氷河が地形勾配に沿って流動しているという仮定のもと流動速度を推定した。地形データには SRTM4 の数値標高モデルを用いた。

また、Perito Moreno 氷河に関しては、異なる2種類の軌道における観測データを用いることにより、地形データを用いずに3次元変位を推定した。そして、その結果と従来の推定方法による結果を比較した。

解析の結果、南パタゴニア氷原のいくつかの氷河について流動速度を推定することができた。

Perito Moreno 氷河の流動速度は上流部分で最大約 3 m/day となっており、空間分布は先行研究とよく一致していた。時間変化については、2003年～2011年でそれほど大きな変化は見られなかった。また、2つの推定方法による結果を比較したところ、流動速度の鉛直成分に大きな違いが見られた。

PioXI 氷河では2003年と2005年に末端部分の急激な加速が見られた。この変動は季節変化だけでは説明できず、今回解析した他のパタゴニア氷河のふるまいとも異なっていた。

この他にも Upsala 氷河、Occidental 氷河などの観測結果についても紹介する予定である。

キーワード: 合成開口レーダー, だいち, ピクセルオフセット, パタゴニア, 氷河流動

Keywords: ALOS, PALSAR, feature tracking, Patagonia, glacier flow

CHARACTERISTICS OF INHOMOGENEOUS GLACIER AREA CHANGE IN BOLIVIAN ANDES CHARACTERISTICS OF INHOMOGENEOUS GLACIER AREA CHANGE IN BOLIVIAN ANDES

LIU Tong^{1*}, 木内豪¹, Fabiola LEDEZMA¹

LIU, Tong^{1*}, Tsuyoshi KINOCHI¹, Fabiola LEDEZMA¹

¹ 東京工業大学

¹Tokyo Institute of Technology

The changing sizes of glaciers in the Bolivian Andes between 1987 and 2010 were determined using cloud-free Landsat Thematic Mapper (TM) images. A method of extracting glaciers was developed that uses the ratio of bands L4 and L5 computed from at-sensor radiance. A 30-m digital elevation model (DEM) derived from ASTER data helped to group the glaciers according to their catchments and slope orientations. Advanced Land Observing Satellite (ALOS) AVNIR-2 data were used to validate the method and identify glacier boundaries.

Glaciers in Bolivian Andes such as Condoriri, Tuni, and Huayna Potosi tended to be more affected by slope orientation, with their greatest area loss on wet-facing slopes. This phenomenon may be partly explained by analyzing meteorological conditions. Assuming that glacier melt occurred when the air temperature over glacier surfaces and incoming shortwave radiation values were both positive, this happened between 09:30 and 18:30 during dry season, whereas between 07:30 and 20:30 in the wet season. In both seasons, the time spans were shorter before noon and longer after noon. As a result, west-facing slopes received solar radiation for a longer span of time each day, which may partly explain why glacier shrank faster on west-facing slopes. Furthermore, incoming longwave radiation reached its peak value in afternoons, which may also have enhanced glacier melt by providing more energy. In addition, hill shade also showed strong influence on glacier melting.

Keywords: Glacier retreat, Slope orientation, Landsat, ALOS, Band ratio

レーダでとらえた接地線付近の氷底面環境の特徴

Radar characterization of the basal interface across the grounding zone of an ice-rise promontory in East Antarctica

松岡 健一^{1*}, Frank Pattyn², Denis Callens², Howard Conway³

MATSUOKA, Kenichi^{1*}, Frank Pattyn², Denis Callens², Howard Conway³

¹ ノルウェー極地研究所, ²Universite Libre de Bruxelles, ³University of Washington

¹Norwegian Polar Institute, ²Universite Libre de Bruxelles, ³University of Washington

氷床の接地線付近における底面環境は、氷床の不安定性、棚氷と海洋との相互作用を知る上で鍵となる知見である。底面環境を遠隔探査で特徴付けるために、アイスレーダで得られた底面反射強度から、氷内部における減衰を差し引くことにより、底面反射係数を計算することが多い。本研究では、従来のデータ解析だけに頼る手法と、最近著者らによって提唱された氷の流動モデルを援用する手法によって底面反射係数を算出し、その差異を検討した。これは、あらたに提唱された方法を実際のデータ解析に応用した初めての事例である。用いたデータは、東南極 Dronning Maud Land に位置する Roi Baudouin 棚氷とそれに接する半島型 Ice rise の接地線含む 42km の測線で得られたものである。従来から用いられている手法を用いた場合、解析のパラメタによって結果が大いに異なった。あたらしいモデル援用型の手法は、底面反射係数や氷内部の温度が大きく変化する地域においては、特に有効であることが示された。

キーワード: 南極, 氷床, 棚氷, レーダ

Keywords: Antarctica, ice sheet, ice shelf, radar

ブータンヒマラヤにおける氷河湖形成と氷河表面低下への影響 Glacial lake formation and its impact on dynamic thinning of glaciers in the Bhutan Himalaya

津滝 俊^{1*}, 藤田 耕史¹, 山口 悟², 坂井 亜規子¹, 縫村 崇行¹, 小森 次郎¹, 竹中 修平³, プンツォ ツェリン⁴

TSUTAKI, Shun^{1*}, FUJITA, Koji¹, YAMAGUCHI, Satoru², SAKAI, Akiko¹, NUIMURA, Takayuki¹, KOMORI, Jiro¹, TAK-ENAKA, Shuhei³, TSHERING, Phuntsho⁴

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター, ³(株)地球システム科学, ⁴ブータン産業省地質鉱山局

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Snow and Ice Research Center, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ³Earth System Science Co.,Ltd., ⁴Department of Geology and Mines, Ministry of Economic Affairs, Kingdom of Bhutan

近年の気候変動の影響を受けて、ブータンヒマラヤにあるデブリ氷河は著しく縮小・後退し、その末端では新しい氷河湖が形成されている。末端が湖に接した氷河は、底面流動が促進されることにより陸に接した氷河よりも速く流動する。末端の加速はカービングを通してより多くの氷を消耗し、氷厚の減少を引き起こす。従って湖の形成と氷河流動の変化を相互に理解することは、氷河の変動を明らかにする上で重要である。これまでヒマラヤの氷河では、衛星画像解析から流動速度が求められてきたが、流動や氷厚の変化に関する現地観測データはほとんど行われていない。

本研究ではブータン・ルナナ地域にある2つのデブリ氷河を対象に、氷河末端における湖の有無が、氷河の流動や表面高度の変化に与える影響を明らかにすることを目的とした。著者らは、末端が陸地に接しているトルトミ氷河と湖に接しているルゲ氷河において、2004年と2011年にGPSによる表面高度測量を行った。その結果、ルゲ氷河における表面高度の変化 (-5.7 – -2.5 m a^{-1}) はトルトミ氷河 (-3.3 – -0.7 m a^{-1}) よりも大きいことが明らかになった。2002–2004年に測定されたトルトミ氷河の表面流動速度は上流側で大きく (90 m a^{-1})、下流側に向かって減少した (40 m a^{-1})。ルゲ氷河では対照的に、上流–下流間において速度の大きな変化は観測されなかった (40 – 55 m a^{-1})。

2次元流動数値モデルを構築し、観測された両氷河の流動速度分布を再現した。トルトミ氷河におけるモデルにより得られた浮上速度は 1.9 – 18.8 m a^{-1} であり、上流側から末端部にかけて圧縮流が形成されていることを示した。この結果から、圧縮流に起因する氷の縦方向の伸張が融解による表面低下を相殺し、結果として氷厚の減少を抑制していることが示唆された。一方でルゲ氷河では -12.0 – -2.7 m a^{-1} と伸張流を示し、氷厚の減少を促進させていることを示唆した。これらの計算結果は、両氷河において観測された表面低下の違いと一致する。南極やグリーンランドの氷流では、(1)末端の加速による伸張流の発生、(2)伸張流による氷厚の減少、(3)氷厚の減少に起因する底面流動の促進という正のフィードバックが働き、氷床の変動に影響を及ぼしていることが報告されているが、本研究ではヒマラヤの山岳氷河において、類似したフィードバックの存在を観測から明らかにした。本研究の結果から、現在トルトミ氷河に形成されている氷河上湖が今後拡大した場合、ルゲ氷河と同様に表面低下が加速することが示唆された。

キーワード: 氷河, 氷河湖, 氷河流動

Keywords: Glacier, Glacier lake, Glacier flow

フィールド測量データによるネパールヒマラヤ・リルン氷河の氷河表面の高度変化量 Elevation changes in Lirung Glacier by field surveys 1996-2008 in Langtang valley, Nepal Himalaya.

縫村 崇行^{1*}, 藤田 耕史¹, 岡本 祥子¹, 竹中 修平², 保科 優¹, 永井 裕人¹

NUIMURA, Takayuki^{1*}, FUJITA, Koji¹, OKAMOTO, Sachiko¹, TAKENAKA, Shuhei², HOSHINA, Yu¹, NAGAI, Hiroto¹

¹ 名古屋大学, ² 地球システム科学

¹Nagoya University, ²Earth System Science Co.,LTD.

ヒマラヤにおける山岳氷河の特徴として、大部分の氷河はその表面をデブリ（岩屑）に覆われておりデブリ氷河と呼ばれている。デブリ氷河では氷河と周囲の地形の境界が表面から捉えにくいいため、可視衛星画像による面積変化の計測が困難であり、リモートセンシングによるデジタル地形データ (DEM) を用いた氷河表面の高度変化が有効とされている。しかしながらリモートセンシングにより計測された DEM は、厳密にはその計測手法により固有の誤差を持つことが知られており、異なるセンサー間のリモートセンシング DEM を用いて標高値の値系列変化を計測する際にはそのような固有の誤差を評価・補正する必要がある。

本研究ではネパールヒマラヤ・ランタン谷のリルン氷河において、1996年と1999年に実施したセオドライト測量データと、2008年に実施したディファレンシャル GPS 測量データを用いて氷河表面の高度変化を求めた。それぞれの測量データは1996年に氷河外の安定した基盤に設置された基点をもとに座標系の統一を行った上で DEM へと変換したうえで高度変化量を求めた。これに加えて1992年の空中写真測量による DEM、2000年の SRTM-DEM、2001年から2004年までの4シーンの ASTER-DEM の計6時期の DEM について精度検証及びバイアス補正を行い、高精度で氷河表面高度の変化速度と変化量を算出した結果の比較も行った。解析結果は発表にて紹介する。

キーワード: 氷河, ヒマラヤ, GPS, リモートセンシング, DEM, ランタン

Keywords: glacier, Himalaya, GPS, remote sensing, DEM, Langtang

新潟県十日町の積雪における融雪期のクロロフィル濃度変化 A variation in chlorophyll concentration during the thaw period in the snowpack of Tohka- machi City, Niigata-Prefecture

大沼 友貴彦^{1*}, 竹内 望², 竹内 由香里³, 山口 悟⁴, 佐藤 和秀⁵

ONUMA, Yukihiko^{1*}, TAKEUCHI, Nozomu², TAKEUCHI, Yukari³, YAMAGUCHI, Satoru⁴, Kazuhide Sato⁵

¹ 千葉大・大学院・理学研, ² 千葉大, ³ 森林総研・十日町試験地, ⁴ 防災科研・雪氷, ⁵ 長岡高専

¹Graduate student, Graduate School of Science, Chiba Univ., ²Chiba Univ., ³Tohka-machi Experimental Station, FFPRI, ⁴Snow and Ice Research Center, NIED, ⁵Nagaoka National College of Technology

融雪期の積雪の表面には雪氷藻類という光合成微生物が繁殖することが知られている。雪氷藻類の大繁殖は、雪氷面を赤く染めて赤雪という現象を引き起こす。雪氷藻類は、寒冷環境に適応した特殊な生物であるが、繁殖の条件など詳しい生態についてはまだ解らないことが多い。とくに近年の日本各地での降雪の酸性化、黄砂の飛来、地球温暖化による積雪量の変化は、雪氷藻類の生態にも大きな影響を与えていると考えられているが詳しいことは全くわかっていない。積雪中の雪氷藻類は、葉緑素であるクロロフィルの濃度を分析することで、定量的評価を行うことができる。そこで本研究は、2009年から2011年の冬から春にかけて、積雪表面のクロロフィル濃度を分析してその季節変動を明らかにし、その変動の環境要因を明らかにすることを目的とした。また、分析したクロロフィル濃度と積雪融解モデルとの比較も行った。

本研究で対象となる積雪は、森林総合研究所十日町試験地の積雪である。2009年から2011年の各年の1月から4月までの期間における、積雪が消滅するまで約2週間おきに採取されたサンプルの分析を行った。分析項目は、EC・pH・クロロフィル濃度である。

分析の結果、2011年の積雪表面のクロロフィル濃度は、1月から3月までは $3.29 \mu\text{g/L}$ 以下でほとんど変化はなく、3月下旬以降から $5 \mu\text{g/L}$ から $20 \mu\text{g/L}$ へと急激に増加した。十日町試験地が観測した気象データと比較した結果、この年の十日町は3月下旬以降から融雪期に突入したことがわかった。このことから融雪とクロロフィル濃度の増加には関係があり、積雪中の水分が影響していると考えられる。

2009, 2010年の積雪表面クロロフィル濃度の変化と比較したところ、2010年も同様に、3月下旬以降からクロロフィル濃度が $5 \mu\text{g/L}$ から $25 \mu\text{g/L}$ へと増加したことが明らかになった。2009~2011年までの分析結果とそれぞれのサンプルのEC・pH・含水率・積雪密度・気温・積雪深との相関を調べた結果、2011年のサンプルでは、クロロフィル量と含水率・積雪密度・気温・積雪深に相関がみられたが、他の年では相関のないパラメータがあった。この結果から、クロロフィル濃度が増加する要因は、積雪中の水分量以外にも存在する可能性がある。上記で相関を調べたパラメータ以外には日射や栄養塩がクロロフィル濃度へ影響を与えている可能性がある。

キーワード: 雪氷藻類, クロロフィル, 融雪期, 積雪モデル

Keywords: snow algae, chlorophyll, the thawing season, the snow cover model

室内型 μ G 発生装置で観測した氷 Ih の磁気放出 Free Translation of Ice Ih Induced by Field Gradient Force

植田 千秋^{1*}

UYEDA, Chiaki^{1*}

¹ 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

¹ Graduate School of Science Osaka University

当グループでは、これまでに微小重力下で反磁性結晶が、並進の運動方程式に従って磁場外に放出されることを報告した [1]。この実験で磁場中心の強度は 1 テスラ以下であった。上記勾配力は体積力であるため粒子の加速度は、与えられた勾配の中では、物質固有の反磁性磁化率のみに依存し、粒子の質量に依存しない。

今回ミリメートルサイズの氷 Ih 結晶について、上記の磁気放出の観測に成功したので報告する。測定では検出した磁化率の質量非依存性を、 $m = 10E-1 \sim 10E-2g$ の範囲で確認した。これは結晶が運動開始時に有している磁氣的ポテンシャルが、磁場外で、全て運動エネルギーに変換されたことを示唆する。

当グループでは以前に氷 Ih 単結晶の c 軸が、静磁場中 (1 テスラ以下) では磁氣的不安定軸となり、磁場に対して垂直な方向を軸として回転振動することを報告した。今回、磁気誘導型の並進運動が確認されたことで、反磁性の氷結晶が、(例えば太陽系初期のように) 磁場の存在する微小重力環境では、磁性物質に準ずる磁気活性を有することが確認された。

このように微小重力での運動を用いた磁気測定では、試料ホルダーおよび質量計測を必要としない。そのため運動が観測可能な限り、無制限に小さな粒子の磁化率 & 異方性 (単位質量当) が測定できる。従って将来的には、ミクロンサイズの ice dust の同定に応用できる可能性を有する。

[1] C.Uyeda et al.J.Phys.Soc.Jpn. 79 (2010) 064709 .

キーワード: 室内型 μ G 発生装置, 氷 Ih, 磁気放出, 反磁性磁化率, 探査機, 物質同定

Keywords: chamber type micro-gravity system, ice Ih, magnetic ejection, diamagnetic susceptibility, magnetic orientation, material identification

MODIS データおよび気象観測データを用いた南極氷床表面温度変化の研究 Antarctic ice sheet surface temperature change derived from MODIS and AWS

島田 利元^{1*}, 北山智暁², 西尾文彦³

SHIMADA, Rigen^{1*}, KITAYAMA Tomoaki², NISHIO Fumihiko³

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 海洋研究開発機構, ³ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

¹Graduate School of Science, Chiba University, ²Jaoan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

気候変動に於ける全球的な温度上昇が懸念される中、南極氷床は地球上の淡水の約 70%を保持し、その全てが融解すると海水準が約 57m 上昇するとの指摘もあり、その応答を知ることは重要である。

南極氷床の動態の中でも表面融解や氷河の流動、フィルン層の圧密などに影響の大きい氷床表面温度と表面気温は非常に重要なパラメーターである。

これまでに改良型超高分解能可視赤外放射計 (AVHRR) および自動気象観測装置 (AWS) のデータを用いた 1957 年から 2006 年の南極氷床表面近傍温度変動復元 (Steig et al., 2009) より 50 年間で南極氷床全域に於ける温度上昇が報告されている。

しかし、人工衛星から観測された氷床表面温度と気象観測で得られた表面気温は放射収支の観点からその要素が異なるため、氷床表面温度と表面気温との関係を正確に理解することが重要である。

本研究の目的は中分解能撮像分光放射計 (MODIS) により求められた氷床表面温度と、南極全域で気象観測を行っている AWS による表面気温との同地点・同時刻での比較を行い、MODIS による氷床表面温度と AWS による表面気温との関係およびその季節的・空間的な特徴を明らかにし、その特徴を考慮した近年の南極氷床表面近傍温度変動を明らかにすることである。

MODIS による氷床表面温度と AWS による表面気温との比較の結果、両者には温度差があり MODIS による氷床表面温度の方が AWS による表面気温よりも 5 ~ 10 低いことがわかった。この差は夏季夜間・冬季に大きく、夏季昼間には差が殆どなくなることがわかった。また、この差は緯度によって明瞭に分類でき、低緯度では温度差の日変化が大きく、高緯度になるにつれ温度差の日変化が小さくなることがわかった。

温度差の日変化は時間による日射の入射角の変化、温度差の季節変化は日射量の季節による変化、緯度によって分類可能なのは、日射の入射角が緯度に依存していることから日射によって支配されていると考えられる。よってこの温度差は日射と放射冷却のバランスで生じる接地逆転層によるものであると考えられる。

MODIS より 2002 年から 2010 年の氷床表面温度変化を南極全域で求めた結果、全域を平均した温度の変化の割合は低下傾向を示した。東西南極で分割した場合も同様に低下傾向を示し、東南極の低下傾向がより大きいことがわかった。南極全域の各ピクセルで求めた温度の変化の割合は広い範囲で低下傾向を示したものの、南極半島沿岸部、東南極の一部を除く沿岸部および等高線の間隔が密な斜面において表面温度は上昇傾向にあることがわかった。

このような斜面での温度の上昇傾向は斜面温暖帯の影響が増大しているためであると考えられる。MODIS・AWS の比較で示された温度差が斜面を多く含む地域で縮小傾向にあることからカタバ風の駆動力となる接地逆転層が近年弱まっていると考えられ、寒気の輸送や顕熱を奪う効果が減少することで相対的に斜面が温暖帯となる斜面温暖帯が近年出現しやすくなっていることが、斜面における温暖化を引き起こしたと考えられる。

キーワード: 南極氷床, 表面温度, 接地逆転層

Keywords: Antarctic ice sheet, Surface temperature, Surface inversion

東南極氷床の表面質量収支の年々変動とその雪の成分について Spatial and temporal variability of snow accumulation rate and snow chemistry at East Antarctic ice sheet

本山 秀明^{1*}, 鈴木香寿恵³, 南極氷床表面質量収支モニタリング観測グループ¹
MOTOYAMA, Hideaki^{1*}, Kazue Suzuki³, Antarctic SMB monitoring group¹

¹ 国立極地研究所, ² 総合研究大学院大学, ³ 統計数理研究所

¹National Institute of Polar Research, ²The Graduate University for Advanced Studies, ³Institute of Statistical Mathematics

1. はじめに

日本南極地域観測隊は40年以上前から東南極氷床東ドロンイングモードランド地域、特に白瀬氷河流域にて雪尺を使った氷床表面の質量収支を観測してきた。沿岸 S16 からドームふじ基地までの1000kmのトラバースルートに設置されている2km毎のポイントでは、1993年からほぼ毎年観測が実施されている。最新のトラバース観測は2011年1月から2月にかけて実施した。

2. 観測結果と考察

昨年度の報告では2008-2009の大雪を報告したが、2010では平年値の1.1倍であった。しかし南緯74.3度より内陸で小雪であり、ドームふじ周辺では平年の半分である。南極振動AAO(南半球環状モードSAM)と比較した。南極振動は南半球における極渦の強弱を示すパターンで、月毎のAAO-indexがインターネットで公開されている。年間質量収支の大小に、どの季節のイベントが支配しているのかを明らかにするため、月毎のAAO-indexと緯度帯を3つに分けた年間質量収支の平年値との比の相関を計算した。その結果、9月のAAO-indexと沿岸域の質量収支変動は正の相関($r^2=0.43$)、5月のAAO-indexと内陸は負の相関($r^2=0.43$ と 0.55)であった。冬から春に移り変わる9月に沿岸、秋から冬になる5月に内陸の表面質量収支変動との相関が大きくなっていることがわかった。

氷床表面に流れてくる大気粒子の流線解析(Tomikawa and Sato, 2005)から、内陸の質量収支に関しては海からの大気粒子の割合との相関が高かった。すなわち海から来る水蒸気で積もる雪の割合が大きく、大陸からくる水蒸気によって積もる雪の量は少ないことがわかった。

質量収支の年々変動について、その化学成分や同位体なども考慮して、大雪と小雪のメカニズムを理解したい。

キーワード: 南極氷床, 質量収支, 化学成分, 時空間変動

Keywords: Antarctic ice sheet, snow accumulation rate, snow chemistry, spatial and temporal variability

東南極・東ドロンニングモードランドでの雪氷圏ダイナミクスに関連した特長的な地震波

Characteristic Seismic Waves Associated with Cryosphere Dynamics in Eastern Dronning Maud Land, East Antarctica

金尾 政紀^{1*}, 山田 朗², 山下 幹也³

KANAOKI, Masaki^{1*}, YAMADA, Akira², YAMASHITA, Mikiya³

¹ 国立極地研究所, ² 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター, ³ 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Geodynamics Research Center, Ehime University, ³JAMSTEC

Several kinds of natural source signals are recorded by seismic exploration stations on the continental ice-sheet in Eastern Dronning Maud Land, East Antarctica, during 2002 austral summer. They include not only tectonic earthquakes, but also ice related phenomena possibly involving recent global climate change. The recorded signals are classified into (1) teleseismic events, (2) local ice-quakes and (3) unidentified events (X-phases). The teleseismic waves show the high signal-to-noise ratio in spite of the small magnitude of the event: this indicates that it is highly feasible to study not only the local shallow structure but also the deep structure of the earth by using teleseismic events. Frequency spectra of the all waveforms represent discordances along the observation seismic profile. The abrupt change of topography in the valley along the seismic profile might cause both the anomalous frequency content and travel-times. Finally, an origin of the X-phases is speculated as the intra-plate earthquakes or possibly large ice-quakes (glacial earthquakes) around Antarctica, involving global warming appeared in polar region.

The characteristic seismic waveforms from various natural sources (teleseismic, local ice-quakes and unknown X-phases) are obtained by the SEAL-2002 exploration in Eastern Dronning Maud Land, East Antarctica. Interesting features of the seismic wave propagation around Antarctica are significantly demonstrated. Anomalous behavior of the waves characterized by the focusing/defocusing effects is possibly caused by a valley structure beneath the stations located at the middle of the seismic profile. Several characteristics were identified by detailed spectra analyses. A difference of the response generated from the valley structure might exist for different kinds of incident waves: i.e. P-wave incidence on the valley results in a ' frequency gap ' while on the other hand, S-wave incidence produces both the ' gap ' and the ' peak ' with a sufficient delay of the arrival-time. Although the origin of X-phases is not accurately identified, the most plausible candidates are an intra-plate earthquake or a large ice-quake (glacial earthquake) in the Antarctic. Maybe the pre-cursor vibration of the break-off process at the Larsen B Ice Shelf could be the most plausible candidate to cause the X-phases.

キーワード: Cryosphere dynamics, seismic waves, Antarctica, ice-sheet, Larsen-B, X-phases

Keywords: Cryosphere dynamics, seismic waves, Antarctica, ice-sheet, Larsen-B, X-phases

岩屑に覆われたクンプ氷河の質量収支に関する研究 Study on mass balance at debris-covered Khumbu Glacier in the Nepal Himalaya

坂井 亜規子^{1*}, 縫村 崇行¹, 藤田 耕史¹
SAKAI, Akiko^{1*}, NUIMURA, Takayuki¹, FUJITA, Koji¹

¹ 名古屋大学環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

ヒマラヤの大型氷河は下流部が岩屑に覆われているだけでなく、しばしば消滅したり、形成される氷壁や池も存在しており、それらの質量収支に関しては未だ不明な点が多い。これまで、氷河表面の温度から推定される熱抵抗値を使用した質量収支の推定はいくつかあり、検証データとして流出量や、氷河上のステークデータ(点データ)と比較した研究はあるが、氷河の下流部全体の質量収支と比較した例は無い。

そこで、本研究では、氷河表面の温度から導出される熱抵抗値分布と気象データからモデル計算される質量収支と、氷河の表面低下、表面流速と氷厚から計算される浮上速度、の2つの残差から計算される質量収支との比較をクンプ氷河において行う。

気象データはクンプ氷河の脇に位置するイタリアのPyramidのデータを使用し、熱抵抗値分布、表面流速のデータはASTER衛星画像に基づいている。

結果については当日紹介する。

キーワード: デブリ氷河, 熱抵抗値, 浮上速度, 質量収支

Keywords: debris-covered glacier, thermal resistance, emergence velocity, mass balance

中国天山山脈ウルムチ No.1 氷河の雪氷藻類・2011年と2007年の比較 Snow algal communities on Urumqi Glacier No.1 in Tianshan mountains, China

田中 聡太^{1*}, 竹内 望¹, Li Zhongqin²
TANAKA, Sota^{1*}, TAKEUCHI, Nozomu¹, Li Zhongqin²

¹ 千葉大学, ² 中国科学院

¹Chiba University, ²Chinese Academy of Science

雪氷藻類は寒冷な環境に適応した藻類であり、氷河表面で光合成を行って繁殖している。特にこれらのうち、シアノバクテリアが形成するクリオコナイトと呼ばれる物質に覆われた氷河は3倍の速度で融解することが知られている。また、雪氷藻類はアイスコア研究にも利用され、その生態を知ることは地球科学的に重要であるといえる。しかしながら、雪氷藻類の定量的な分析が行なわれた氷河の数はいまだ限られている。

本研究で扱う氷河は、中国天山山脈に位置するウルムチ No.1 氷河である。ここでは古くから質量収支の観測を始め、様々な研究が成されており、雪氷藻類以外の情報の入手が容易となっている。

以前に行った2007年度サンプルの分析および、世界の他の氷河との分析結果の比較によって、ウルムチ No.1 氷河の雪氷藻類群集の特徴は「シアノバクテリアが優占的であるが、少数の緑藻もまた共存すること」であり、この形成要因は氷河周囲の乾燥地域であるということが示唆された。この特徴は、同様に雪氷藻類の分析が行われた他のアジア地域の氷河のいずれとも異なるものである。

今回は、新たに採取した2011年度のサンプルを分析し、ウルムチ No.1 氷河の雪氷藻類群集の特徴、および、その形成要因の更なる理解を試みた。

結果、2011年の藻類群集もまた、シアノバクテリアが優占的であるが少数の緑藻も共存するという特徴を示しており、これが近年のウルムチ No.1 氷河において一般的な特徴であることが確認された。また、「緑藻よりも多くの種のシアノバクテリアが観察される」「総バイオマスは裸氷域で大きく、積雪域では低下する」「裸氷域では糸状のシアノバクテリアであるオシラトリア科が優占種であり、積雪域では緑藻クロロモナスが優占種である。また、オシラトリア科の構成は氷河下流と中流で異なる」という特徴が、2007年と2011年で共通して観察された。

一方で、幾つかの変化もみられた。大きなものとしては「全体的にバイオマスが増加したこと」「オシラトリア科の内一種が多く分布する高度が、氷河下流から中流に変化していたこと」が挙げられる。このような特徴の変化が発生した要因の一つとしては、氷河表面の化学成分濃度の変化が考えられる。

なお現在、更なる比較対象として2006年度のサンプルの分析も進行中である。

モンゴル・アルタイ、Potanin 氷河の3年間の質量収支とその長期変動傾向 Three years mass balance and its longterm fluctuation of Potanin glacier, Mongolian Aitai

紺屋 恵子^{1*}, 門田 勤¹, Davaa Gombo², Purvdagva Kalzan², 矢吹 裕伯², 大畑 哲夫¹

KONYA, Keiko^{1*}, Kadota Tsutomu¹, Davaa Gombo², Purvdagva Kalzan², Yabuki Hironori², Ohata Tetsuo¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 気象水文研究所

¹JAMSTEC, ²Institute of Meteorology and Hydrology

Potanin 氷河 (49 °09 N, 87 °55 E) はモンゴル西部の国境付近、アルタイ山脈に存在する。氷河の長さは 10.4 km、標高 4373 - 2900 m a.s.l., に伸びる。幅は消耗域で 1.5km、涵養域で 5 km、面積は 24.34 km² (2003 年) である (Yabuki, in prep)。最も近い気象官署は Ulgii (48 °97 N, 89 °97 E, 1730 m.a.s.l) にあり、氷河の 150 km 東に位置する。この氷河にて、気象観測、ピット観測、ステイクによる質量収支観測を実施した。

年間収支を算出するため、ステイク観測に加え、ピット観測において積雪中に含まれるマーカーとして花粉を検出した。その結果、2009 年の質量収支は 2008 年よりもプラスに寄っていることが分かった。

これまでに観測した降水の種類と気温との関係から、この氷河での個体降水確率が得られた。固体降水確率、降水量、標高、気温から、氷河での夏季と冬季の降雪量を算出し、気温、これまでに得られている質量収支の値と比較した。質量収支が大きく負に偏っている 2008 年は降雪量が少なく夏季気温が高かった、2005 年、2009 年は降雪量が多かったため、質量収支があまり負に偏っていないことがわかった。

Mass balance を、ELA での夏季 (JJA) 平均気温と ELA での年間降水量の関数として質量収支の長期変動を計算した。ウルギーの年降水量を 1990-2000 の年平均降水量で規格化し、氷河付近で標高に対して対数増加するように設定した。計算は、質量収支が分かっている 3 質量収支年 (2004/2005, 2007/2008, 2008/2009) に合うように係数を決定した回帰式により行った。年変動と積算値の計算結果をロシア・アルタイの MaliyAktu 氷河と比較した。Potanin 氷河は 1985 年付近からロシア・アルタイとは異なり、負に加速する傾向が現れ、2000 年付近からはさらに加速する傾向が現れた。

近年の Potanin 氷河の質量収支が負に傾いた原因は長期的に考えても、気温と降水バランスにあると考えられる。Ulgii では、1980 年代から気温は上昇傾向にあり、降水量は 2000 年代に減少している。ロシア・アルタイ付近にある Akkem や Cemal といった気象官署では、1990 年代までは気温の上昇傾向がみられるが、2000 年代は落ち着いている。2000 年代の降水量も 1990 年代と同様の値である。これら気温と降水量の影響で、モンゴル・アルタイは氷河の質量収支が負に傾く環境にあったと考えられる。

質量収支と、気温に強く影響を受ける指標である ELA の、近年の変動と氷河の存在する標高帯を比較したところ、Potanin 氷河は、ELA が氷河のやや上流に存在するため、現在のままの気候では負の質量収支が続くと予想できる。ロシア・アルタイの MaliyAktu 氷河は、ELA 付近の面積配分が大きいいため、少しの気温上昇が質量収支へ大きく影響すると考えられる。また、Potanin と同様の面積プロファイルをもつ LeviyAktu は ELA の温暖化にともなう上昇とともに徐々に負の質量収支へ傾くと推測できる。

キーワード: 氷河, アルタイ山脈, 質量収支, モンゴル, 氷河変動, 氷河気象

Keywords: glacier, Altai, mass balance, Mongolia, glacier fluctuation, glacier meteorology

花粉分析によるモンゴル・アルタイ山脈ポターニン氷河上流部の堆積環境の復元 Reconstruction of depositional environment at upstream of Potanin Glacier, Mongolian Altai using pollen analysis

中澤 文男^{1*}, 紺屋恵子², 門田勤², 大畑哲夫²

NAKAZAWA, Fumio^{1*}, KONYA Keiko², KADOTA Tsutomu², OHATA Tetsuo²

¹ 国立極地研究所, ² (独) 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Japan Agency for Marine-Earth science and technology

This study analyzed pollen in snow pits dug in September of 2008 and 2009 at upstream of Potanin glacier in Mongolian Altai to investigate the environment of recent snow deposits. The snow pit observations in both years were carried out at site 0 and 4 of 3752 m and 3890 m above sea level, respectively. In the 2008 observation, the pollen analysis revealed that the pit at site 0 included the deposition from summer of 2007 to autumn of 2008, while that at site 4 included the deposition between the autumns of 2007 to 2008. On the other hand, the pollen analysis in the 2009 observation showed the snow pit at site 0 contained the deposition between the autumns of 2007 to 2009, while the pit of site 4 covered the deposition from the winter of 2008/2009. In the layers of 2007 and 2008, concentration peaks of pollen taxon that scattered from spring to summer seasons were found at the same depths. This indicated that the summer melt reached the spring layer being previous season. Accordingly, pollen grains in the melted layer concentrated at the summer melt surface, causing pollen peaks. In contrast, each concentration peak of pollen taxon that scatters in different seasons appeared at the different depth of the 2009 layer. This suggested the degree of melting was weaker than that in 2007 and 2008. The interpretation was supported by summer temperature data (June-August) in this region. The anomalies of monthly air temperatures in summer during 1990 and 2009 remained negative in 2009, while they remained positive in 2007 and 2008. Annual depositions were estimated by *Artemisia* pollen concentration peak that was used as a marker of autumn season in this study. The annual snow depositions at site 0 were 1.18 m (0.61 m water equivalent) and 1.69 m (0.69 m water equivalent) for the autumns of 2007 to 2008 and the autumns of 2008 to 2009, respectively. Also, the respective snow depositions for the same periods at site 4 were 2.44 m (1.04 m water equivalent) and more than 3.34 m (1.38 m water equivalent).

キーワード: 氷河, 花粉分析, アルタイ, モンゴル, 積雪, ポターニン氷河

Keywords: glacier, pollen analysis, Altai, Mongol, snow deposition, Potanin glacier

飛騨山脈，立山・劔山域の3つの多年性雪渓の氷厚と流動

Quest of the first Japanese glacier in Mts. Tateyama and Mt. Tsurugi, the northern Japanese Alps

福井 幸太郎^{1*}, 飯田肇¹

FUKUI, Kotaro^{1*}, Hajime IIDA¹

¹ 立山カルデラ砂防博物館

¹Tateyama Caldera Sabo Museum

今まで日本に氷河は現存しないと考えられていた。

飛騨山脈，劔岳にある小窓雪渓および三ノ窓雪渓で，2011年6月上旬にアイスレーダー観測を行い，厚さ30m以上，長さ900～1200mに達する日本最大級の長大な氷体の存在を確認した。同年秋に行った高精度GPSを使った流動観測の結果，小窓，三ノ窓両雪渓の氷体では，1ヶ月間に最大30cmを超える比較的大きな水平方向の流動が観測された。流動観測を行った秋の時期は，融雪末期にあたり，雪氷体がもっとも厚く，流動速度が1年で最も小さい時期にあたる。このため，小窓，三ノ窓両雪渓は，1年を通じて連続して流動する「氷河」と考えられる。

立山東面の御前沢雪渓では，2009年秋にアイスレーダー観測を行い，雪渓下流部に厚さ約30m，長さ400mの氷体を確認した。2010年と2011年の9～10月に高精度GPSを使って氷体の流動観測を行った結果，誤差以上の有意な水平方向の流動が観測された。流動速度は1ヶ月あたり10cm以下と小さいものの，2年連続で秋の時期に流動している結果が得られたため，御前沢雪渓も「氷河」と考えられる。

キーワード: 氷河, 多年性雪渓, 立山, 劔岳, 流動

Keywords: glacier, perennial snow patch, Mts. Tateyama, Mt. Tsurugi, glacier flow

スノーパティクルカウンターを用いた吹雪粒子速度の解析 2 Snow Particle Speed in Blowing Snow obtained with SPC 2

横山 知佳^{1*}, 伊藤 陽一¹, 西村 浩一¹

YOKOYAMA, Chika^{1*}, Yoichi Ito¹, NISHIMURA, Kouichi¹

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya university

The transport of snow by the wind has major implications in engineering and geophysical fields. On roads, drifting snow causes snowdrifts and reduced visibility. In mountainous regions, non-uniform distribution of snow due to blowing snow, such as locally increased snow drift and snow cornices on the leeward of slopes, leads to avalanche release. Redistribution of snow by the wind is also important for hydrological processes and mass balance, especially in Arctic and Antarctic regions.

In the last decade, large progress has been made in modelling blowing snow. However, interaction between snow particles and air, that is one of the key processes in the model, is still poorly understood. In this study we tried to obtain the snow particle speeds in the blowing snow directly with the Snow Particle Counter (SPC). The SPC is able to sense particle diameter as well as particle number and, in general, is used to measure the change in the mass flux with time, such as every second. However, the high frequency recordings of the signal from the transducer make possible to deduce the particle speed one by one. Analysis was carried out using the data measured not only in the cold wind tunnel but also at the Col du Lac Blanc, French Alps and Mizuho Station, Antarctica.

Then, obtained particle speed distribution was discussed with wind speed profiles, hardness of the snow surface and so on. Further, comparison was made with the Lagrangian stochastic model, which accounts for the turbulence effects on the suspension of snow grains and also includes aerodynamic entrainment, the grain-bed collision process, wind modification by grains, and a distribution of grain sizes.

キーワード: 吹雪, スノーパティクルカウンター

Keywords: blowing snow, SPC

国際雪形研究会による雪形ウォッチング報告

A report on the yukigata watching held by the International Yukigata Society

納口 恭明^{1*}

NOHGUCHI, Yasuaki^{1*}

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

春の雪解けとともに山腹に現れる残雪と山の地肌がつくる白黒パターンは何らかの形に見立てられ、かつては農事歴として用いられることもあり、雪形と呼ばれている。国際雪形研究会は雪形の科学性、国際性、文化遺産性、遊び心性などをキーワードに1995年の第1回雪形ウォッチングから活動を開始し、今年で17回目となった。本報告はこれまでのまとめである。

キーワード: 雪形, 国際雪形研究会, 雪形ウォッチング

Keywords: yukigata, International Yukigata Society, yukigata watchin

積雪変質モデルを用いた大規模雪崩発生区の積雪の推定

Snowpack estimations in the starting zone of large-scale snow avalanches using the SNOWPACK model

竹内 由香里^{1*}, 平島寛行²

TAKEUCHI, Yukari^{1*}, HIRASHIMA, Hiroyuki²

¹ 森林総合研究所十日町試験地, ² 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター

¹Tohkamachi Experimental Station, Forestry and Forest Products Research Institute, ²Snow and Ice Research Center, National Institute for Earth Science and Disaster Prevention

新潟県妙高山域幕ノ沢では、大規模な雪崩をこれまでに5件観測したが、発生区での観測は困難なため実測データが得られていない。そこで本研究では、幕ノ沢で雪崩が発生するときの積雪や気象の特徴を明らかにするために、発生区の積雪の変化を積雪変質モデルで推定した。計算には、改良された積雪変質モデル SNOWPACK を用いた。発生区の積雪の推定は、標高 1700 m、南東向き（2002 年は東北東）で傾斜 40° の条件で計算した。入力データは、気温、湿度、降水量、風速、日射量、長波放射量で、最寄りのアメダスまたは幕ノ沢近くの測定値を使用した。気温は 1700 m の標高に補正した。日射量、長波放射量は日照時間や気温から推定し、日射量は発生区の斜面方位や傾斜を考慮して与えた。2 月に乾雪表層雪崩が発生した 3 件の場合には、まとまった降雪がない日に日射や気温上昇により積雪表層が加熱され、その後に気温が低下して、夜間に表層に強い温度勾配が生じていたことがわかった。これにより積雪内にこしもざらめ雪が形成された後、大量の降雪があり、その最中に雪崩が発生した。こしもざらめ雪が生じて剪断強度が低下したことに加え、強い降雪で上載荷重が増加し、積雪安定度が低下したことが、雪崩の要因と考えられる。一方、1 月初めに発生した乾雪表層雪崩は、雪崩発生時にこしもざらめ雪はなく、短時間に大量の降雪があつて新雪層の安定度が低下したことが要因と推定された。3 月に発生した湿雪雪崩は、急激な気温上昇によって融雪が生じ、浸透した融雪水により含水率が増加して剪断強度が低下し、安定度が低下したことが要因と推定された。

キーワード: 積雪変質モデル, 雪崩

Keywords: SNOWPACK model, snow avalanche