

平成21年5月20日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18340146
 研究課題名（和文）：衛星データによる積雪物理量抽出アルゴリズムの精度向上と地上検証手法についての研究
 研究課題名（英文）：Improvement of retrieval algorithm of snow physical parameters using satellite data and their validation method

研究代表者：
 青木輝夫（AOKI TERUO）
 気象庁気象研究所・物理気象研究部・室長
 研究者番号：30354492

研究成果の概要：

地球温暖化の影響を顕著に受ける雪氷圏において、積雪アルベドは最も重要な物理量のひとつである。この積雪アルベドを支配する積雪粒径と不純物濃度の衛星リモートセンシング精度向上のため、南極氷床表面におけるサスツルギ（雪面の凹凸）の効果を考慮し、積雪粒径抽出アルゴリズムを改良した。また、地上検証のための全天分光日射計を開発し、積雪物理量の自動検証手法を確立した。その他、南極の表面積雪粒径の時空間変化、札幌における5冬期間の積雪不純物濃度とアルベドの関係、光学的等価積雪粒径に関する知見が得られた。

交付額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|---------|------------|
| 2006年度 | 7,100,000 | 0 | 7,100,000 |
| 2007年度 | 4,700,000 | 0 | 4,700,000 |
| 2008年度 | 3,000,000 | 900,000 | 3,900,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 14,800,000 | 900,000 | 15,700,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：衛星リモートセンシング、積雪粒径、GLI、MODIS、南極、サスツルギ、全天分光日射計、積雪不純物

1. 研究開始当初の背景

地球上で温暖化の影響を最も顕著に受ける雪氷圏では、世界各地で既に融解が始まっており、その実態把握が急務になっている。雪氷圏が温暖化の影響を強く受ける理由は、温暖化による雪氷圏の融解によって、地表面のアルベドが急激に低下し、これが温暖化を加速するという正のフィードバックが働くためである。そのため、正確な雪氷圏の将来予測を行うためには、雪氷面のアルベドを正確に予測することが必要である。理論計算によると積雪面の波長別アルベドは、本質的に積雪粒径と不純物濃度に依存している。これら積雪物理量を衛星リモートセンシングに

よって監視し、融解の前兆現象を捉える必要がある。積雪粒径と不純物濃度のリモートセンシングアルゴリズムは、ADEOS-II衛星/GLIセンサーデータを用いて本研究グループによって開発されてきた。これら積雪物理量の抽出精度をさらに向上させるための改良が必要である。

2. 研究の目的

積雪粒径と不純物濃度の衛星リモートセンシングの精度には、アルゴリズム上の問題点と、検証データが不足しているという2つの問題がある。本研究ではこれら積雪物理量抽出精度を向上させるため、南極における積

雪粒径抽出アルゴリズム改良と地上自動検証観測装置による検証手法を確立する。

3. 研究の方法

(1) 南極における積雪粒径抽出アルゴリズム改良

現状のアルゴリズムでは、南極内陸部で観測された反射率がアルゴリズムで想定している範囲を外れることがある。その原因の大きなものとして、南極氷床表面のサスツルギ等積雪表面のラフネス（凹凸）により、雪面の双方向反射率（HRDF）特性が、アルゴリズムで仮定しているフラットな雪面とは異なることが挙げられる。ラフネスの効果をアルゴリズムの基礎となるHRDFモデルに取り入れるための観測及びモデル化、並びに、衛星観測から得られる積雪粒径に与えるラフネスの効果を調べる。

(2) 地上自動検証観測装置による検証手法の確立

現状の衛星リモートセンシングの地上検証観測は、衛星と同期して積雪断面観測から積雪物理量を直接測定することによって行ってきた。しかし、このような方法では取得できるデータ数が限られるため、衛星と同じチャンネルを有する全天分光日射計観測から間接的に積雪粒径と不純物濃度を求め、衛星プロダクトと比較する手法を開発する。また、衛星観測、地上における分光放射計観測、放射収支観測、積雪断面観測からなるキャンペーン観測及び連続観測から手法の妥当性を検証すると共に、積雪物理量が積雪の光学特性に与える影響を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 南極における積雪粒径抽出に対する氷床表面ラフネスの効果

衛星搭載光学センサを用いた積雪粒径の抽出アルゴリズムでは、フラットな積雪面を仮定しているため、南極氷床上ではサスツルギ（風によって雪面に形成される筋状の凹凸）のような氷床表面ラフネスが抽出誤差の要因となる。そこで、HDRF に対するサスツルギの効果を分光放射観測と三次元放射伝達モデル計算によって検証した。さらに、氷床表面ラフネスを考慮したモデルを用いて、衛星で観測された多方向反射率から南極点における積雪粒径とサスツルギの大きさ・方向を推定した。

北海道中札内において、サスツルギを想定した筋状の凹凸を設置した積雪面のHDRFを観測した。図 1a に天底反射率で規格化したHDRF (N-HDRF) の観測結果を示す。雪面がフラットな場合 (flat) の反射率は前方側が高く、天底側と後方側で低かった。一方、凹凸をつけた場合にはその向きに依存してフラ

ットの場合と異なる反射率の分布となった。特に、凹凸が太陽方位に直交するとき (d90) には後方側に反射率の最大値が表われ、フラットからの差異が顕著となった。さらに、雪面の凹凸を考慮するとこのできる三次元放射伝達モデルによって計算された N-HDRF は、フラットな場合、凹凸のある場合ともに観測値と概ね一致した (図 1b)。この三次元放射伝達モデルを用いてサスツルギによる積雪粒径抽出誤差を評価したところ、太陽天頂角及び衛星天頂角が大きいくほど誤差が大きくなることが示された。

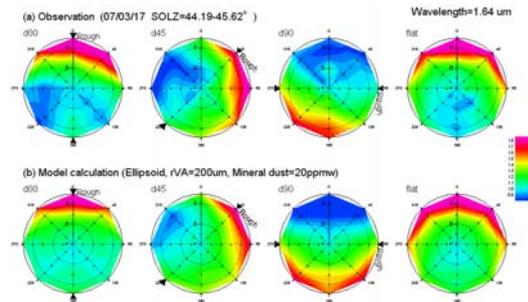


図 1 波長 1.64 μm における積雪面の N-HDRF。(a) 観測値、(b) モデル計算値。それぞれ右端がフラットな場合 (flat)、他は凹凸のある場合で、凹凸と太陽の相対方位角は 0° (d00)、 45° (d45)、 90° (d90)。円の中心が天底反射率、上部半円が前方側、下部半円が後方側の反射率を示す。

実際に南極氷床上でサスツルギの効果が表われている事例として、南極点における衛星反射率の日変化を解析した。Terra/MODIS のような太陽同期極軌道衛星の場合、南極点では 1 日に複数回の観測値が得られ、かつ 1 日のうちで太陽との相対方位角、衛星天頂角、太陽天頂角がほとんど変化しない。このため変化しているのは太陽方位と衛星方位だけで、雪面がフラットであれば反射率は一定となるはずである。しかし、MODIS の反射率は半日周期の変動をしており、この変動は雪面のサスツルギを考慮した三次元放射伝達モデルによって再現できる (図 2)。

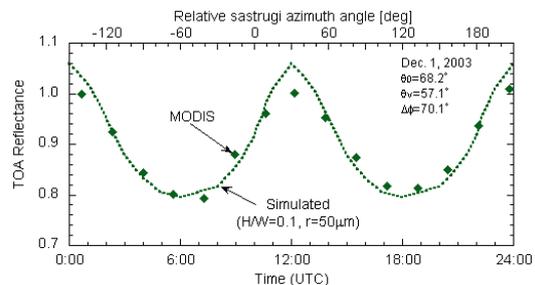


図 2 2003 年 12 月 1 日の南極点における波長 0.86 μm チャンネルの反射率の日変化。MODIS の観測値が点で、モデル計算値が曲線で示されている。

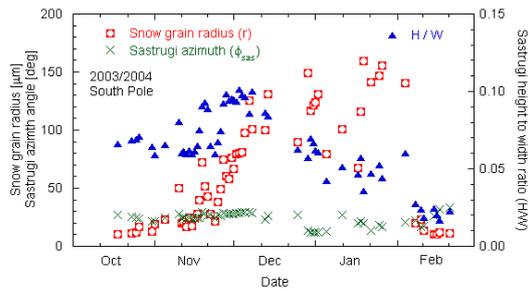


図3 南極点における積雪粒径 (r)、サスツルギの縦横比 (H/W) と方位角 (ϕ_{sas}) の推定結果。

この結果に基づいて、2003-2004 年の南極点における反射率の日変化から、積雪粒径とサスツルギの高さと間隔の比・方位角を同時に推定した (図 3)。積雪粒径の推定値は日射量の増加や気温の上昇に伴って 11 月から 1 月にかけて増加し、その後減少した。サスツルギの高さと間隔の比は 12 月に最大約 0.1 となり、2 月にかけて減少した。サスツルギの方位角は期間中 0-30° で大きな変化はなく、平均風向とほぼ一致した。これらの推定結果は過去の現場観測値と比較して妥当な結果であった。

以上の結果から、氷床表面ラフネスが規則的な場合には、三次元放射伝達モデルを用いてラフネスをモデル化することができ、多方向反射率から積雪粒径と同時に氷床表面ラフネス (大きさ、方向) を推定できる可能性が示唆された。

(2) 全天分光日射計による積雪物理量の推定

衛星リモートセンシングの地上検証観測は、現状では衛星に同期した積雪断面観測、積雪サンプリング等の直接観測によって行われている。しかし、このようなキャンペーン観測は天候に左右され、また、積雪サンプルの分析に時間を要する等の理由により取得できる検証データ数が限定される。そこで、衛星センサと同じチャンネルを有する全天分光日射計から間接的に積雪粒径と不純物濃度を推定する手法を開発し、北海道において検証観測を行った。

全天分光日射計は可視域から近赤外域までの 6 波長における放射フラックスを測定する日射計で、センサ部が上下反転することにより分光アルベドを求められることができる。この全天分光日射計で観測される積雪分光アルベドから、積雪物理量を推定するアルゴリズムを開発した。原理は放射伝達計算に基づいたルックアップテーブル法で、波長 0.44 μm と 0.87 μm の組合せから、すす換算の不純物濃度 c_s と積雪粒径 $r_{0.87}$ を、波長 1.23, 1.60 μm からは各波長単独で積雪粒径 $r_{1.23}$, $r_{1.60}$ を抽出した。

北海道の札幌と芽室 2 地点の 2007/2008 冬

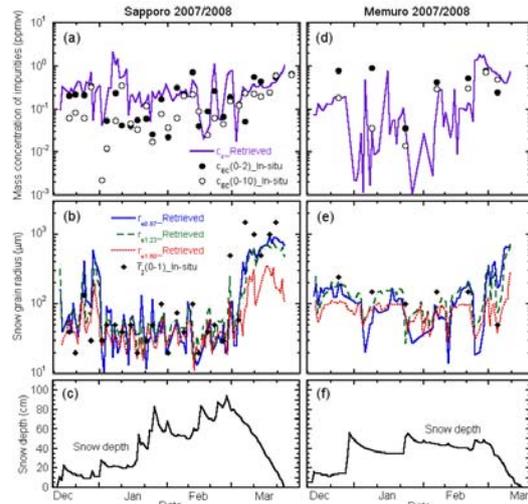


図4 札幌における (a) 積雪不純物濃度と (b) 積雪粒径の推定値と実測値、及び (c) 積雪深。 (d-f) はそれぞれ (a-c) に同じ、ただし芽室における結果。

季の検証観測結果を図 4 に示す。すす換算の不純物濃度の推定値は、郊外の芽室 (平均 0.31 ppmw) に比べ都市部に位置する札幌 (平均 0.35 ppmw) の方が大きかった。両地点ともに 1-2 月の積雪涵養期には比較的低濃度であったが、3 月の融雪期には上昇した。積雪サンプルのカーボン分析から得られた元素状炭素 (EC) 濃度の実測値 c_{EC} と比較すると、積雪粒径が小さい時には表層から 2 cm の値 ($c_{EC}(0-2)$) と、粒径が大きい時には表層から 10 cm の値 ($c_{EC}(0-10)$) との相関が高かった (相関係数 $R = 0.68$)。

積雪粒径の推定値は、降雪頻度が多い札幌では涵養期に 50 μm 前後の小さな値で推移した。一方、芽室では降雪時に粒径が急激に減少し、その後の無降雪時に徐々に増加する変動が繰り返された。融雪期には両地点ともに積雪深の減少に伴って粒径は増加した。積雪断面観測から得られた粒径の実測値 r_2 と比較すると、相関係数 $R = 0.85-0.94$ で良く一致した。積雪層への光の浸透深度の違いにより、使用する波長が短いほど比較的深い層の粒径情報を保持していることがわかった。しかし、 $r_{1.60}$ は大粒径の場合に過小評価となった。この原因のひとつとして、波長 1.60 μm は光の浸透深度が非常に小さいため (数 mm)、粒子全体の大きさだけでなく粒子表面の微細構造の影響を相対的に強く受けているためと推測された。

これら全天分光日射計を用いて推定された積雪物理量は、衛星プロダクトに比べて実測値との相関が高かった。よって、衛星リモートセンシングの検証データを効率的に取得する方法として本研究で開発した手法の妥当性が示された。また、本手法は衛星と異なり曇天下でも抽出が可能であるため、積雪

物理量を自動かつ高頻度で観測するための装置としても有効であると考えられる。

(3) 南極粒径抽出結果

Terra/MODIS の波長 $1.63\mu\text{m}$ のチャンネルの反射率データから積雪粒径を抽出するアルゴリズムを東南極氷床域に適用し、積雪表面粒径の空間分布とその季節変化を求めた。南極氷床表面の標高による影響を考慮するため、放射伝達モデルに基づくルックアップテーブルを作成する際に標高をパラメータとして取り入れた。

2003 年 10 月から 2004 年 3 月にかけての MODIS データから抽出された東南極氷床域における積雪表面粒径の分布を図 5 に示す。この波長域では積雪層への浸透深度が浅いため、表面付近の積雪粒径を示している。図 5 のいずれも内陸の標高の高い尾根沿いの地域で粒径が小さく、沿岸域や内陸から沿岸域へ至る斜面では粒径が大きい傾向が見られた。このような対比が明瞭な 10 月 26 日 (図 5b) を見ると、沿岸域では $30\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 以上、内陸の標高 3500m 以下のカタバ風帯で $20\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 、標高 3500m 以上では $20\mu\text{m}$ 以下という粒径が得られた。図 5 において積雪粒径の季節変化を見ると、春から夏にかけて粒径は氷床域の大部分で増加傾向 (図 5a-c) を示し、逆に夏から秋にかけては減少傾向 (図 5d-f) を示し、秋には春と同程度の粒径になった。この季節ごとの粒径の変化の割合は、標高 3500m 以上の領域で特に大きい。南極大陸の内陸部のほとんどは融雪を生じない乾雪域であるが、夏には雪面付近の積雪粒径が大きくなる傾向が示された。

積雪表面粒径は、降雪種や降雪の頻度、降雪後の積雪の変態により変化する。ドームの頂上付近や尾根沿いの標高の高い地域では、降水量は少ないが、ダイヤモンドダストの降下による晴天降水が頻繁に観測される。晴天降水により粒径の小さな結晶が頻繁に積雪表面に供給されたため、衛星による粒径がこのような地域では小さかったと考えられる。一方、沿岸域では低気圧活動に伴う降雪がある一方、気温が比較的高いため積雪変質に伴う積雪粒径の変化が大きいため地域的なばらつきが大きい。また、内陸のカタバ風帯の斜面では、低気圧の侵入が少なく、降水は少ないものの、標高に応じて気温の変化があるために、この地域では積雪表面粒径に標高依存性が見られたものと考えられる。

図 5 で得られた結果から、昭和基地～南極点にいたるルート上での積雪粒径は、標高 2000m から 3500m の間のカタバ風帯において、数 km から数 10km の変動を示していた。この粒径の変動を、1992 年 11 月に雪上トラバース時にこのルート上で観察された積雪表面形態と比較すると、光沢雪面が観察された

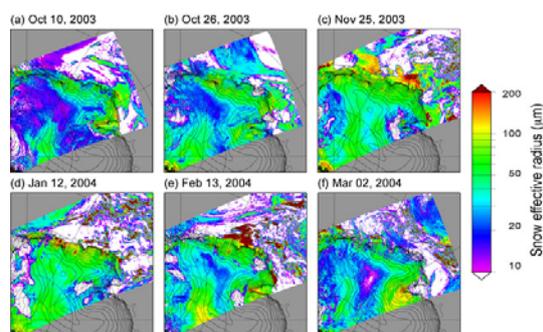


図5 東南極氷床域における積雪表面粒径の空間分布。白い部分は、反射率が高いため粒径を抽出できなかった画素を表わす。

地域で粒径が大きく、サスツルギやデューンなどの表面形態の地域で積雪粒径が相対的に小さくなっていることから、衛星から得られる積雪粒径は、南極氷床域の地域的な降水の特徴だけでなく、積雪の表面形態などを反映していることが示された。

(4) 札幌における積雪不純物とアルベドの関係

札幌における 2003/2004 年から過去 5 冬期間の積雪中に含まれるダスト、元素状炭素 (EC)、有機炭素 (OC) の各濃度を、フィルター重量とカーボン分析装置によって測定し、アルベドとの関係を調べた (図 6)。その結果、積雪不純物濃度の全期間を通じた変動幅は、ダスト : $0.2\text{--}800\text{ ppmw}$ 、EC : $0.01\text{--}2\text{ ppmw}$ 、OC : $0.05\text{--}20\text{ ppmw}$ であった。3 種類の不純物濃度は、常にダストが最も高く、EC が最も低かった。光吸収が強くアルベドへの影響が大きいとされる EC のバックグラウンド濃度は、北極域の高濃度時のレベルであった。月別に見ると、各成分共に 1-2 月の涵養期に低く、3-4 月の融雪期に高かった。同時に測定した融雪期の積雪アルベドは、不純物濃度全体の変化と良く一致して減少していた。アルベドと各不純物濃度との相関は、3 種類の不純物でそれほど大きな違いはなかった。

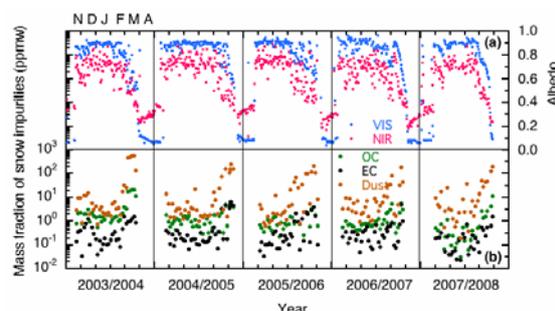


図6 札幌の積雪中における 5 冬期間の (a) ダスト、元素状炭素 (EC)、有機炭素 (OC) 濃度と (b) 可視 (VIS)、近赤外域 (NIR) アルベドの変化

(5) 積雪粒子の比表面積と光学的等価粒径の関係

積雪粒子に対して光学的な視点から定義した「光学的等価粒径」は樹枝状粒子の場合、枝の太さに相当し、この大きさが近赤外域のアルベドに大きく影響を与える。最近 Domine ら(2006: Cold Reg. Sci. Tech., 46, 60-68.)は積雪粒子の比表面積に注目し、比表面積から積雪アルベドを推定する方法を提案した。この手法は「雪氷学的な粒径=直径」をベースにしているため、光学的等価粒径から推定されるアルベドとは異なった結果が予測される。そこで比表面積から積雪アルベドを推定する方法について検証を行った。

北海道中札内村の牧草地において、積雪の光学的等価粒径、雪氷学的な粒径、比表面積、及び分光器を用いて積雪アルベドを測定した。比表面積を基に積雪放射伝達モデルでアルベドを計算したところ、測定結果よりも過小評価する結果となった(図7)。この理由は積雪粒子の大きさを、球形の粒子の比表面積 S_v と雪氷学的な積雪粒径 d との関係 $S_v=6/d$ をベースにしていたためであると考えられる。実際に測定された S_v と d の関係は上記の関係式を満たしておらず、その結果、アルベドの過小評価を導く結果になったと考えられる。

一方、この d は光学的等価粒径の値と高い相関が示された。両者の関係から積雪粒子の形は柱状粒子の可能性が高く、この場合、その光学的等価粒径はその底面直径である。柱状粒子の場合、「非球形積雪粒子の光学特性はその

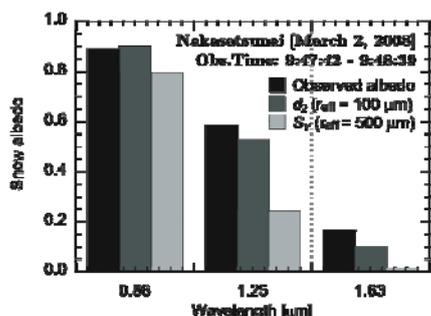


図7 積雪アルベドの測定結果と光学的等価粒径(d_2)、比表面積(S_v)から求め積雪アルベドの計算結果。太陽天頂角は 56° 。

粒子の体積と表面積の比(V/A 比)と同じ V/A 比を持つ球形粒子の光学特性とほぼ等価である」という関係が成立する。光学的等価粒径をもとに計算した積雪アルベドが測定結果をよく再現できるのはこのためと考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

- ① 青木輝夫, 2007, 積雪の衛星リモートセ

ンシング, 雪氷, 69, 155-167. (査読無)

- ② Aoki, Te., H. Motoyoshi, Y. Kodama, T. Yasunari, and K. Sugiura, 2007: Variations of the snow physical parameters and their effects on albedo in Sapporo, Japan. Ann. Glaciol., 46, 375-381. (査読有)
- ③ Aoki, Te., M. Hori, H. Motoyoshi, T. Tanikawa, A. Hachikubo, K. Sugiura, et al., 2007: ADEOS-II/GLI snow/ice products: Part II - Validation results using GLI and MODIS data. Remote Sens. Environ., 111, 274-290, doi:10.1016/j.rse.2007.02.035. (査読有)
- ④ 青木輝夫ほか, 2008: 大気エアロゾルの沈着が積雪アルベドに与える影響, 天気, 55, 538-547. (査読無)
- ⑤ Aoki, Te. et al., 2009: ADEOS-II/GLI snow/ice products and the scientific implications, J. Remote Sens. Soc. Japan, 29, 124-132. (査読有)
- [学会発表] (計20件)
- ① Aoki, Te., H. Motoyoshi, Y. Kodama, T. Yasunari, and K. Sugiura, 2006: Variations of the snow physical parameters and their effects on albedo in Sapporo, IGS Symposium, International Glaciological Society, 21-25 August 2006, Cambridge, England.
- ② 青木輝夫, 本吉弘岐, 兒玉裕二, 安成哲平, 杉浦幸之助, 谷川朋範, 田中悦子, 朽木勝幸, 2006: 積雪期の札幌における放射収支と積雪物理量の観測, 講演予稿集, 日本雪氷学会 2006年度全国大会, 2006年11月, 秋田, A3-14.
- ③ 本吉弘岐, 青木輝夫, 谷川朋範, 堀雅裕, 門崎学, 藤田耕史, 平沢尚彦ほか, 2006: 衛星データから推定された南極域における積雪粒径の季節変化, 講演予稿集, 日本雪氷学会 2006年度全国大会, 2006年11月, 秋田, A2-14.
- ④ 青木輝夫, 田中悦子, 朽木勝幸, 田中泰宙, 本吉弘岐, 兒玉裕二ほか, 2007: 積雪に含まれる黒色炭素・ダストとアルベドの観測, 日本気象学会 2007年度春季大会, 2007年5月, 東京, C103.
- ⑤ 青木輝夫, 2007, 大気エアロゾルの沈着が積雪アルベドに与える影響, 日本気象学会 2007年秋季大会シンポジウム要旨集, 2007年10月, 札幌, 1-6.
- ⑥ 青木輝夫, 2007, GLI 及び MODIS データによる積雪粒径と不純物濃度抽出, 日本気象学会 2007年秋季大会-第3回統合的陸域圏研究連絡会, 2007年10月, 札幌.
- ⑦ 朽木勝幸, 青木輝夫, 田中悦子, 本吉弘岐ほか, 2007: 双方向反射率に対する地表面ラフネスの効果, 日本気象学会 2007年度春季大会, 2007年5月, 東京, P136.
- ⑧ 朽木勝幸, 青木輝夫, 田中悦子, 本吉弘岐,

岩渕弘信, 杉浦幸之助, 八久保晶弘, 谷川朋範, 2007: 凹凸のある雪面における双方向反射率特性, 講演予稿集, 日本雪氷学会 2007 年度全国大会, 2007 年 9 月, 富山, P1-9.

⑨田中悦子, 青木輝夫, 朽木勝幸, 長谷川就一, 本吉弘岐, 兒玉裕二, 安成哲平, 杉浦幸之助, 2007: 札幌における積雪不純物中のカーボン測定, 講演予稿集, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 2007 年 10 月, 札幌, P121.

⑩朽木勝幸, 青木輝夫, 田中悦子, 本吉弘岐, 谷川朋範, 平沢尚彦, 2007: 太陽遮蔽型全天分光日射計による積雪分光アルベドの測定, 講演予稿集, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 2007 年 10 月, 札幌, P354.

⑪谷川朋範, 青木輝夫, 杉浦幸之助, 八久保晶弘ほか, 2007: サンクラストで覆われた積雪の双方向反射率特性, 講演予稿集, 第 30 回極域気水圏シンポジウム, 国立極地研究所, 2007 年 11 月, 東京, PII-4.

⑫Aoki, Te., M. Hori, K. Stamnes, H. Motoyoshi, E. Tanaka, and K. Kuchiki, 2008: GLI snow ice products and those implication in climate study, AMSR/GLI PI Workshop 2008, JAXA/EORC, 22-24 January 2008, Atami, Japan.

⑬Kuchiki, K., Te. Aoki, E. Tanaka, H. Motoyoshi, and T. Tanikawa, 2008: Retrieval of snow physical parameters using ground-based spectral pyranometer, 5th EARSeL Workshop, February 11-13, 2008, Bern, Switzerland.

⑭青木輝夫, 田中悦子, 朽木勝幸, 本吉弘岐, 兒玉裕二ほか, 2008: 札幌における 4 冬期間の積雪中 OC、EC、ダスト濃度変動, 日本気象学会 2008 年度春季大会, 2008 年 5 月, 横浜, C201.

⑮朽木勝幸, 青木輝夫, 田中悦子, 本吉弘岐ほか, 2008: 南極域の衛星リモートセンシングに対するサスツルギの効果, 日本気象学会 2008 年度春季大会, 2008 年 5 月, 横浜, A305.

⑯朽木勝幸, 青木輝夫, 田中悦子, 本吉弘岐, 谷川朋範, 2008: 全天分光日射計による積雪物理量の推定, 日本気象学会 2008 年度春季大会, 2008 年 5 月, 横浜, P333.

⑰本吉弘岐, 青木輝夫, 山内恭, 藤田耕史, 谷川朋範, 2008: MODIS データによる東南極氷床域における積雪粒径の抽出, 日本気象学会 2008 年度春季大会, 2008 年 5 月, 横浜, A304.

⑱朽木勝幸, 青木輝夫, 庭野匡思, 谷川朋範, 2008: 全天分光日射計から推定された札幌・芽室における積雪物理量, 雪氷研究大会 (2008・東京), 日本雪氷学会/日本雪工学会, 2008 年 9 月, 東京, P1-19.

⑲谷川朋範, 八久保晶弘, 青木輝夫, 2008: 積雪粒子の比表面積と光学的等価粒径の関係, 雪氷研究大会 (2008・東京), 日本雪氷学会/

日本雪工学会, 2008 年 9 月, 東京, P1-21.

⑳朽木勝幸, 青木輝夫, 庭野匡思, 本吉弘岐ほか, 2008: MODIS データを用いた南極点における氷床表面ラフネスの推定, 日本気象学会 2008 年度秋季大会, 2008 年 11 月, 仙台, P375.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木 輝夫 (AOKI TERUO)

気象研究所・物理気象研究部・室長

研究者番号: 30354492

(2) 研究分担者

兒玉 裕二 (KODAMA YUJI)

北海道大学・低温科学研究所・助教

研究者番号: 70186708

小林 隆久 (KOBAYASHI TAKAHISA)

(H18-H19) 気象研究所・気象衛星観測システム研究部・室長、研究者番号: 40343892

平沢 尚彦 (HIRASAWA NAOHIKO) (H18)

国立極地研究所・極域情報基盤センター・助教、研究者番号: 10270422

杉浦 幸之助 (KUGIURA KONOSUKE)

(H18-H19) JAMSTEC・地球環境観測研究センター・研究員、研究者番号: 80344307

門崎 学 (KADOSAKI GAKU) (H18)

JAXA・EORC・プロジェクト研究員

研究者番号: 30415913

田中 悦子 (TANAKA ETSUKO) (H18-H19)

気象研究所・物理気象研究部・研究官

研究者番号: 70442738

朽木 勝幸 (KUCHIKI KATSUYUKI)

気象研究所・物理気象研究部・研究官

研究者番号: 80442739

庭野 匡思 (NIWANO MASASHI)

気象研究所・物理気象研究部・研究官

研究者番号: 10515026

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

八久保 晶弘 (HACHIKUBO AKIHIRO)

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 50312450

本谷 研 (MOTOYA KEN) (H20)

秋田大学・教育文化学部・准教授

研究者番号: 40344303

谷川 朋範 (TANIKAWA TOMONORI)

ステーキブンス工科大学・JSPS フェロー

本吉 弘岐 (MOTOYOSHI HIROKI)

防災科学研究所・雪氷防災研究センター・

研究員