

氏名(本籍)	谷川朋範(北海道)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第3723号		
学位授与年月日	平成17年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Modeling of Radiative Transfer of Snow for Remote Sensing of Grain Size and Concentration of Impurities (積雪粒径, 積雪不純物濃度のリモートセンシングのための積雪放射伝達モデル)		
主査	筑波大学教授	Ph. D.	安仁屋 政 武
副査	筑波大学講師	Ph. D.	安 間 了
副査	筑波大学教授	理学博士	松 岡 憲 知
副査	気象研究所主任研究員	理学博士	青 木 輝 夫

論 文 の 内 容 の 要 旨

雪氷圏は地表面のアルベドが高く、積雪面積の季節変動も大きいことから、地球環境の変動に重要な役割を果たしている。広域の気候変動監視のためには地球規模で積雪物理量(粒径, 不純物濃度)をモニタリングすることが重要で、これには衛星データの利用が有効である。しかし、従来の積雪粒径を衛星データを使って広域に推定する手法では、積雪不純物の効果が考慮されていないうえ、積雪粒子を実際の形とは異なる球形を仮定しているので精度に問題があった。これらの問題を解決するために、本研究では積雪不純物の効果をモデル雪面に取り入れ、積雪粒径と積雪不純物濃度を同時に推定するアルゴリズムを開発した。さらに非球形粒子の光学特性を考慮した積雪放射伝達モデルの開発を行い、広域的に積雪物理量を抽出するためのリモートセンシング・アルゴリズムの開発と高精度化を図った。

最初に、積雪粒径と積雪不純物濃度を同時に抽出するためのリモートセンシング・アルゴリズムの構築を行い、検証として航空機搭載マルチスペクトロスキャナー(以下AMSSと呼称)データを使った。AMSSと地上における同期観測により、新たに開発されたリモートセンシング・アルゴリズムの有効性が確認され、近赤外域の異なる3波長で積雪粒径の鉛直分布が推定できることが明らかになった。次に、積雪放射伝達モデルを高精度化するために低温実験室において、樹枝状粒子の人工積雪の波長別アルベドを測定し、非球形効果を取り入れた積雪放射伝達モデルによる理論値との比較を行った。その結果、粒子の形に円柱を仮定した放射伝達モデルは樹枝状粒子の波長別アルベドを良く再現し、光学的に等価な積雪粒径は樹枝状粒子の直径ではなく、枝の幅に関係していることが明らかになった。

上記の結果を踏まえて、非球形粒子の光学特性を考慮した放射伝達モデルを構築し、衛星観測に必要な双方向反射率について考察した。球形粒子を仮定した放射伝達モデルでは、双方向反射率パターンに現実にはない虹効果が現れる。これを防ぐために非球形粒子の光学特性と粒子の表面にラフネス(凹凸)を取り入れた幾何光学モデルを採用し、粒子の形と表面ラフネスの有無による双方向反射率について理論計算と分光観測によって調べた。その結果、積雪の双方向反射率パターンは、粒子の形と表面のラフネスに依存することが示された。

この新たに構築した放射伝達モデルを用いて積雪物理量抽出アルゴリズムを開発し、Terra 衛星の ASTER データに適用した。モデルに用いた積雪粒子の形は円柱と回転楕円体で、表面ラフネスの有無をそれぞれに仮定した。さらに比較のために、従来の球形粒子を仮定したアルゴリズムも用いた。解析結果は、アルゴリズムの違いによる推定積雪粒径に顕著な差を示さなかったが、これは衛星データの観測条件や仕様等の影響による。しかし、球形粒子を用いた場合、虹の効果により十分な精度が期待できない。一方、非球形粒子にラフネスを入れたアルゴリズムの場合、条件に関係なく積雪粒径の抽出が可能であることが数値計算で示されている。従って、本研究で開発した非球形粒子の光学特性を取り入れラフネスを考慮したアルゴリズムは、リモートセンシングによる積雪粒径の推定精度を向上させる。

以上のように、本研究では積雪粒径と積雪不純物濃度を衛星データを使って同時に広域で推定するためのリモートセンシング・アルゴリズムの開発を行った。さらに、非球形粒子の光学特性を取り入れ、粒子表面にラフネスを導入することによりアルゴリズムを改良し、積雪粒径の推定精度を向上させた。これらの成果は、積雪地域の特性を考慮した地球温暖化予測や広域気象予報の精度向上に貢献することが期待される。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、地球環境に大きな影響を与え環境変動予測にとって重要なファクターである積雪圏を対象として、積雪の特性を定量的に広域で把握する手法の開発を目的としたものである。積雪域の環境の推定には、重要な物理量である積雪粒径と積雪不純物濃度を把握する必要がある。これらに関するデータを同時に広域で把握するためにはリモートセンシング手法が有効であり、そのアルゴリズムの開発を行なった。従来の手法は非現実的な球形を仮定したモデルを使い、さらに積雪不純物濃度を考慮しないで積雪粒径の推定を行っており、積雪物理量が正確に求められなかった。本研究では積雪不純物濃度を考慮し非球形粒子の光学特性を取り入れ、さらに粒子表面にラフネスを加えてリモートセンシング・アルゴリズムを改良することにより、積雪物理量推定の精度を向上させた。この結果、リモートセンシングデータを使った広域の積雪特性変動監視が可能となり、近年問題となっている地球温暖化予測に大きく寄与する可能性が示された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。