

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 筒井浩行

積雪は太陽放射に対する高い反射率（アルベド）および融雪による土壌水分の増加を通して、大気－陸面相互作用に大きな影響力を有しており、気象の季節変動の観点からも、温暖化に伴う長期の気候変動の観点からも、その適切な観測手法の確立が必要と考えられてきた。衛星搭載マイクロ波リモートセンシングは、積雪層内でのマイクロ波散乱特性を利用して、天候に左右されずかつ昼夜を問わず積雪の観測が可能であり、1970年代より積雪の広域観測に利用されてきたが、対象とする積雪層や積雪下層の土壌の特性や、それらに対するマイクロ波応答特性に関して未解明な点があり、その解決策の必要性が指摘されてきた。本研究は、積雪粒子、融解・氷版形成、積雪下層の土壌特性などの影響因子に対して、放射伝達モデルを再構築するとともに、高周波数から低周波数の観測データを有効に利用することにより、精度の高い積雪量算定アルゴリズムを開発し、検証したものである。

本研究ではまず、積雪層内での雪粒子径の影響を適切に表現するため、新たなマイクロ波放射伝達モデルを開発している。積雪層内での多重散乱を簡便に解き、粒子同士が相互に接している稠密媒体を取り扱うために、大気中の放射伝達モデルとして開発された 4 Stream fast 放射伝達モデルに Dense media 放射伝達モデル（DMRT）を導入し、両モデルを組み合わせた新たなマイクロ波放射伝達モデルを考案している。これにより従来のアルゴリズムのように積雪における体積散乱の影響を小さく抑えるために雪粒子径を小さい粒径に調節すること無く、実際の積雪における体積散乱を広い周波数範囲で評価できるようになった。

積雪量算定の基本は、土壌面からのマイクロ波放射が積雪層内で散乱による消散の影響によって減衰する効果を用いている。したがって土壌面の放射率、地温の影響が大きいにも関わらず、利用できる周波数の範囲の制限からこの影響は考慮されていなかった。2002年に打ち上げられた衛星 Aqua に搭載されているマイクロ波放射計（AMSR-E）の 6.9GHz は、乾いた積雪にはほとんど感度を有しないので積雪そのものの観測には使えないが、土壌の放射特性には強い感度を有している特性を利用して、本研究は AMSR-E の 6.9GHz を用いた土壌面状態の区分をアルゴリズムに取り入れている。

積雪層内に不均一に存在する氷板や、積雪表面で融解が始まっている濡れ雪や積雪層全体に融解の影響が広がっている融雪状態等の影響については、既存の算定手法を衛星と同仕様の地上マイクロ波放射計を用いた地上観測実験においてその有効性を確認し、これらの状態の積雪については適用範囲外としている。また、森林の影響については森林区分の地球規模データセットを用いて森林域を除外している。

以上を踏まえて、本研究では積雪粒子径算定を含む、積雪量算定のアルゴ

リズムを開発した。本アルゴリズムでは、雪粒子による体積散乱を評価する上で敏感な高周波数 89GHz を用いて雪粒子径を推定し、その値を用いて、1cm から 200cm の積雪深変化と、223K から 273K までの雪温変化に対応する 19GHz、37GHz の輝度温度を計算し、積雪深・雪温と 19GHz、37GHz の輝度温度から成る変換テーブル(lookup table と称する)を作成した。この lookup table に 19GHz、37GHz の輝度温度衛星データを入力することにより積雪深と雪温が推定される。

本アルゴリズムは 2004 年 12 月から 2005 年 3 月にかけて札幌に位置する裸地での地上マイクロ波放射計を用いた地上積雪観測実験、北半球積雪域全域での積雪深によりその有用性が確かめられている。

以上のように本研究は、人工衛星によりリアルタイムに観測される衛星輝度温度データのみから自動的に乾雪における最適な雪粒子径を選定し積雪量を推定することのできる積雪量推定衛星アルゴリズムを構築し、その有効性を確認している。これらの成果は、気象予測、気候変動予測はもとより水資源管理においても、有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。