

審査の結果の要旨

氏名 デュラン バレン シスト アンドレス

山岳域の積雪は水資源として有用であり、その季節的な変化や年々の変動、さらには近年の気候の変化の影響は、水資源の計画と管理に大きな影響を与える。特に、積雪山岳域の下流に位置する半乾燥帯では、その水資源の多くを融雪と氷河の融解に依存しており、問題はきわめて深刻となる。そこで、山岳域の積雪量の長期継続的モニタリング手法の確立が喫緊の課題となっている。

衛星搭載マイクロ波放射計による積雪観測手法は 1980 年代より開発され、近年では、積雪粒径の変化や、積雪下層の土壌特性や対象地域に植生の影響を考慮した手法の高度化が図られてきたが、いずれも平地を対象としていた。これはマイクロ波放射計観測が対象面に対する観測入射角に強く依存すること、マイクロ波放射計の観測フットプリントが数 10km と大きくフットプリント内の不均一性影響の定量的把握が困難なこと、また手法の校正や検証をするための現地データが利用できないこと等による。

本論文は、以上の研究のニーズを明らかにした上で、これまで困難とされてきた衛星搭載マイクロ波放射計による山岳域の積雪観測手法の開発に取り組んだものである。その特徴は、マイクロ波放射計の大きな観測フットプリント内に分布する斜面の効果を効果的に取り込むアルゴリズムの開発と、検証のために分布型水循環モデルによる積雪量の分布情報を利用しているという点にある。

本論文で開発したアルゴリズムは、マイクロ波放射伝達と積雪量および入射角の関係の非線形性と、マイクロ波領域ではフットプリントスケールの観測値がサブフットプリントスケールの平均値で表現できる特性を組み合わせたものである。

具体的には、まず第一に、平地に適用される積雪量推定アルゴリズムを援用して、入射角ごとに、積雪深と雪温を変化させ、その他のパラメータは一定として、マイクロ波放射計の 2 周波に対応するマイクロ波放射伝達式よりマイクロ波放射輝度を算定し、2 周波の観測輝度温度が得られた場合の積雪深、雪温を算定するルックアップテーブルを作成する。

次に、200m グリッドのデジタル標高データを用いて対象山岳領域の斜面要素の法線ベクトルを算定し、マイクロ波放射計のオフナディア角から、各斜面要素の観測入射角を算定する。

その上で、約 5km の衛星データグリッドに含まれる斜面要素に対する観測入射角のヒストグラムを作成し、約 5km の衛星データグリッド内では積雪深、雪温は一定と考えて、レーリー・ジーンズの仮定を考慮して、ヒストグラムからそれぞれの観測入射角に対する重みを考慮した平均ルックアップテーブルを作

成する。

本論文では、問題を簡単にするために、対象地域直上の観測パスだけを用いて16日に1回の観測データを用いているが、その他のパスをも用いる考え方も提示している。また積雪粒径については、一定値を用いる場合と、気温を用いた積雪粒径成長モデルを適用する場合の2つを試用している。

検証に当たっては、エベレスト山の5050m地点に位置する観測データを利用するとともに、山岳域での地点観測データの利用の限界を考慮して、分布型の降積雪・融雪流出モデル(WEB-DHM-S)による積雪量分布情報を利用している。WEB-DHM-Sは大気-雪面での熱収支、積雪層内での熱と水フロー、流域斜面での流出、河道流出を組み込んだ分布型水循環モデルで、衛星による積雪面積情報、河川流出データを用いて、その妥当性が検証されている。本論文では、マイクロ波放射計による山岳域の積雪量算定の校正、検証に、積雪量の空間分布を精度良く推定できるWEB-DHM-Sを効果的に用いるという新たな手法を確立し、ネパールとブータンの山岳河川域に適用している。

検証結果は定性的な妥当性を示す範囲に留まっているものの、本論文はこれまで手がつけられなかった山岳域積雪量の継続的モニタリング手法の確立に貢献することが大きく、また気候の変化を考慮した将来の水資源の計画と管理へ利用も期待され、科学的、社会的有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。よって審査員、全員一致で、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認めた。