

長岡技術科学大学大学院 学生会員	田殿 武雄
長岡技術科学大学 正会員	小池 俊雄
大石組 正会員	重原 俊男
UCSB ICES	Jiancheng Shi

1. はじめに

広域的な水文情報抽出にはマイクロ波リモートセンシングの利用が有効であり、とりわけ能動型マイクロ波センサの合成開口レーダ(SAR)は、天候に左右されず高い空間分解能で地表面観測が可能である。SAR から得られる後方散乱係数(σ^0)は、地上に向けて照射したマイクロ波のうちアンテナ方向へ散乱する強さを表し、積雪面を対象とした場合、センサのパラメータ以外に積雪の表面粗度、含水率、密度、粒径と積雪下部の地表面粗度などの関数として表される。本研究では、SAR によるこのような積雪情報の抽出を目的として、積雪表面粗度の現地計測と、理論にもとづく散乱モデルの検討を行なった。

2. 積雪表面粗度(σ , l)の現地計測

表面粗度の現地計測は、自然状態の積雪面に画用紙を張り付けた板を垂直に突き刺し、横方向からカラスプレーを吹付け表面粗度のプロファイルを取り、これをディジタル化して表面高さを求めた¹⁾。得られた表面高さのデータから、高さ方向の粗度を表す表面高さの標準偏差(σ)と水平方向の粗度の分布を表す相関長さ(l)の二種類の表面粗度パラメータを求め両者の分布特性を調べた。

図1は1996年2月20、26日に北海道旭川市周辺の現地計測から求めた σ と l の関係をプロットしたものである。図1から積雪面における σ 、 l にはそれぞれ固有の値があるわけではなく、ある範囲で分布していること、またその分布は式(1)で表される特性があることが分かった。

$$l = 11.80 \times \sigma + 0.15 \text{ [cm]} \quad (1)$$

式(1)を図1に実線で表す。この表面粗度関係を用いることで、後方散乱に寄与する多くのパラメータのうちの一つを減らすことが可能となる。そこで次に、マイクロ波散乱モデルにこの表面粗度関係を導入し、各積雪パラメータが後方散乱に与える効果について検討を加える。

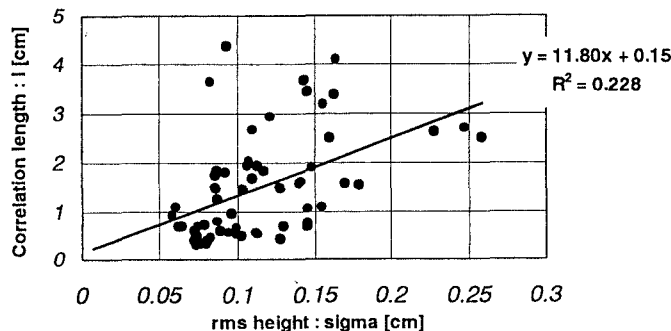


図1 積雪表面粗度パラメータの関係 (1996.2 北海道)

3. 後方散乱モデル

本研究で使用した散乱モデルは、不連続な上下境界面を有する、球形粒子がランダムに埋め込まれた不均質層からの後方散乱を放射伝達理論にもとづいた一次近似解の手法を用いて、積雪表面で生じる表面散乱項、内部で生じる体積散乱項、地表面における表面散乱項、地表面での表面散乱と積雪内部の体積散乱の相互作用項の和として表している²⁾。

キーワード 積雪, 合成開口レーダ, 表面粗度, リモートセンシング

〒940-21 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 • TEL.0258-46-6000 • FAX.0258-47-0019

4. 解析および考察

本研究では1995年11月、カナダが初めて打ち上げた地球観測衛星「RADARSAT」に搭載されている SAR のシステムを参考にモデルシミュレーションを行なった。RADARSAT 搭載 SAR システムは、観測周波数 5.3GHz(波長約 5.6cm)の C-band と呼ばれる周波数帯、HH 偏波で入射角が観測モードにより変えられる可変型であるのが特徴である。なお、本研究では入射角を 21 度とした。

4.1 体積散乱効果の検討

理論的に体積散乱による後方散乱係数は、積雪粒子の粒径の 4 乗に比例し、また個数が増加するほど大きくなる。図 2 は積雪パラメータの変化が後方散乱に寄与する効果を検討するため、積雪密度(ρ)を 0.2、0.3g/cm³、粒径(d)を 0.5、1.0、1.5mm のそれぞれについて体積含水率を 2、5、10、15、20%とした場合の散乱モデルのシミュレーション結果を示したもので、横軸が含水率、縦軸が後方散乱係数(dB)を表す。なお、積雪表面粗度は図 1 を参考に σ が 0.15cm、 l が 2.0cm とした。図 2 から各パラメータの変化に対する後方散乱係数の変化を見ると密度、含水率ともに大きくなるほど後方散乱係数も大きくなっていることが分かる。同一密度で粒径の変化に着目すると、含水率が 2%のときのみ粒径の増大による後方散乱係数の増大が確認できる。したがって、湿雪に対して想定した SAR システムでのマイクロ波はほとんど積雪内部に侵入しないと考えられる。

4.2 表面散乱効果の検討

湿雪では積雪内部の影響が小さいと考えられることから、次に表面粗度が後方散乱に寄与する効果について式(1)を用いて検討した。図 3 は σ を 0.05 から 0.3cm まで 0.05cm ごとに増加させ、 l は式(1)にしたがう場合のシミュレーション結果で横軸、縦軸は図 2 と同様に表した。なお密度は 0.3g/cm³、粒径は 1.0mm とした。図 3 から表面粗度および含水率が大きくなるほど後方散乱係数も大きくなっていることが分かる。図 2、3 から湿雪における後方散乱はほとんど表面散乱で決まっていると考えられる。

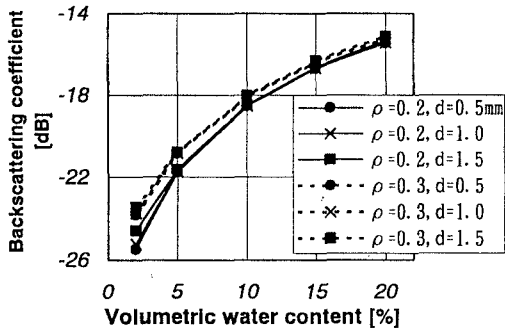


図2 後方散乱に対する体積散乱効果の検討

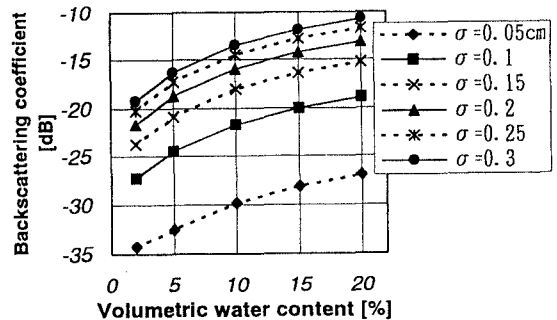


図3 後方散乱に対する表面散乱効果の検討

5. まとめ

- (1) 現地計測から積雪面における二種類の表面粗度の分布特性を表す σ - l 関係が明らかになった。
- (2) (1)で得られた σ - l 関係を導入し、積雪パラメータの変化に対する後方散乱効果が明らかになった。

謝辞

本研究は文部省科学研究費重点領域研究「多様な地表面における水・熱収支の動態の研究」、および文部省国際共同研究等経費「チベット高原域のエネルギー・水循環過程の研究」による研究成果の一部である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 田殿ら, 積雪面におけるマイクロ波表面散乱効果に関する検討, 土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集, 第 2 部, pp.60-61, 1995.
- 2) Fung, A. K., *Microwave Scattering and Emission Models and Their Applications*, Artech House, pp.49-73, 1994.