

チベット高原における地表面不均一性評価のための

SAR アルゴリズムの開発

株式会社アルゴス 正会員 会田健太郎*
東京大学大学院工学系研究科 正会員 小池俊雄**
Univ. of California, Santa Barbara, U.S.A. 非会員 Jiancheng SHI

1. 研究背景

チベット高原は、地球規模の大気水循環であるアジアモンスーンの形成、維持、変動に大きく寄与していると考えられている。特に土壌水分は、凍土の影響を受けることにより、不均一性が増加し、陸面フラックス算定に大きな影響を与えることが指摘されている¹⁾。そのため、広域・高解像度での分布を定量的に把握する手法の開発が求められている。そこでマイクロ波帯での土壌水分の高い応答性を利用し、10m程度という高解像度で観測可能な合成開口レーダ (SAR: Synthetic Aperture Radar) の利用が期待されている。

SAR の観測データとして得られる後方散乱係数 (σ^0) は、衛星から照射したマイクロ波が地表面で散乱し、再びアンテナ方向に戻ってくる強度で、形式的に $\sigma^0 = f(\theta, l, Mv, Sv, d)$ で表される。このように、マイクロ波散乱は、空間的変化の大きい含水率 (Mv) や、地表面粗度 (θ, l)、土壌状態 (Sv, d) などが寄与している。

チベット高原などの寒冷な領域において、SAR データから含水率を推定するアルゴリズムは既に提案されている²⁾が、従来のアルゴリズムは局所的な観測データに基づいて、土壌パラメータの季節的・空間的変化が考慮されていなかった。そこで、本研究では GAME-Tibet IOP における広域観測データに基づいて、各パラメータの空間的・季節的変化を検討し、チベット高原全域に適応できるアルゴリズムの開発を目的とした。

2. 土壌パラメータの検討

2.1 凍結過程のモデル化

冬のチベット高原では氷粒子が加わり、氷の発生具合で土壌パラメータが変化し後方散乱係数に影響を与えていると考えられる。そこで、マイクロ波散乱に影響を与える氷の変化について、氷が土粒子よりも小さな粒子であると仮定し、含水率 Iv が増加すると平均粒径 d が小さくなる概念的モデルを考案した。このモデルを用いると、凍結直前の含水率が高いほど平均粒径は小さくなると考えることができる。

2.2 土壌パラメータの季節的変化

チベット高原における冬期の後方散乱係数は、著しく応答性が強い水分が無視できるため、土壌パラメータが比較的強く寄与しており、含水率が考慮されなければ、観測された後方散乱係数に対する粗度の寄与が相対的に強くなり、推定粗度と実測粗度との間に誤差が生じることになる。そこで、この効果に注目し、含水率 Iv と粒径 d を変数とする粗度推定シミュレーションから“凍結後”の含水率 Iv と粒径 d の関係、また、推定粗度を入力値、粒径 d を変数とする含水率推定シミュレーションにより“凍結前”の粒径 d を求め、図1のような土壌パラメータの季節的な変化を明らかにすることができた。

この変化は、マイクロ波散乱における DRY 領域と WET 領域の土壌状態の違いと、凍結前後の土粒子の変化が表れていると考えられるが、証明できる定量的な観測データは得られておらず、今後の課題として多くの観測により解明していく必要がある。

Key word: 合成開口レーダ (SAR)、マイクロ波リモートセンシング、土壌水分

address: *〒944-0013 新潟県新井市大字高柳 696-2 TEL0255-72-3448,FAX0255-72-9426

**〒113-8656 東京都文京区本郷 7 丁目 3-1 TEL03-5841-6106,FAX03-5841-6130

3. 土壌パラメータと後方散乱係数との関係付け

含水率が 0% である冬の後方散乱係数からの増加分は含水率の増加による寄与であると考えられるため、秋と冬の後方散乱係数の差 (d^0) を、冬に凍結する水分量である秋期含水率 M_v の関数として考えると、含水率 I_v も含水率の関数となる。ここで、先ほど含水率 I_v との関係を示した粒径 d に注目し、各サイトの SAR データと地上相度観測データより得られた d^0 との関係と粒径の関係、 $d = -0.149 \times d^0 + 1.53$ (図 2) を導いた。以上の検討により、後方散乱係数と土壌パラメータを関係付けることができた。

4. 含水率推定アルゴリズムのフロー

-) 後方散乱係数の差 (d^0) から土壌パラメータ (S_v, d) を求める。
-) 冬の後方散乱係数から未知のパラメータである粗度を求める。
-) 推定された粗度と夏の後方散乱係数から未知のパラメータである含水率を求める。

画像全体でこの手順を行なうことにより、解像度 50m の含水率分布図を始め、粗度や含水率の分布図が求められる。

5. アルゴリズムの適用

図 2 は、新しいアルゴリズムの推定含水率分布 (左) と実測含水率分布 (右) を比較したものであり、それぞれ観測年が異なるが、各サイトともに分布特性をよく再現している。

6. 結論

本研究では、チベット高原全域に適応できる含水率推定アルゴリズムを開発した。求められる含水率マップからは、地形的な分布特性と、季節的な含水率の増加の様子、分布の広がりを把握することが可能である。

謝辞

本研究は、文部省国際共同研究等経費「GAME」による研究成果の一部であり、GAME-Tibet プロジェクトを通して得られたデータを使用している。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 広瀬望, 小池俊雄, 石平博: 土壌水分の空間不均一性が領域平均蒸発量算定に及ぼす影響, 水工学論文集, Vol.44, pp103-108, 2000
- 2) 田殿武雄, 小池俊雄, Jiancheng SHI, DING Yongjian: 地表面粗度の空間分布を考慮した SAR による凍土帯土壌水分の推定手法の開発, 水工学論文集, Vol.42, 1998.

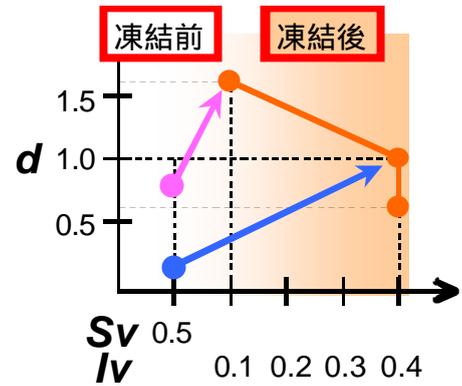


図 1: S_v, I_v と後方散乱係数差の関係 横軸は S_v (土壌体積率), I_v (含水率)、縦軸が d (粒径) [cm] である。凍結前の濃い点が WET 領域、薄い点が DRY 領域である。

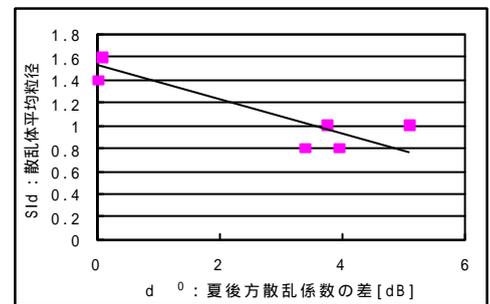


図 2: 後方散乱係数の差 (d^0) と粒径 d の関係

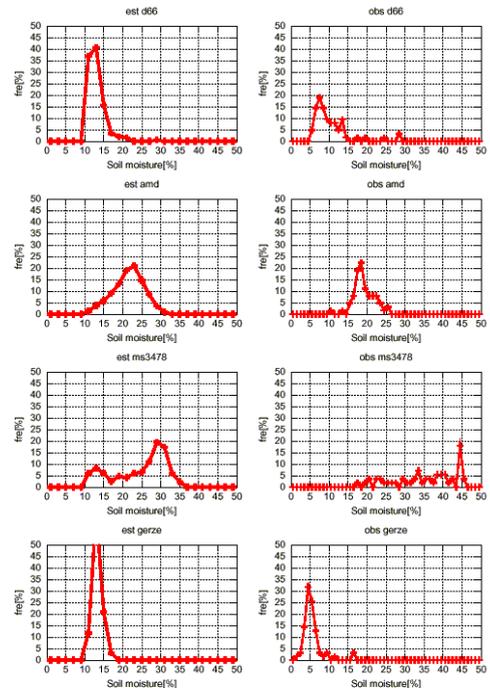


図 3: 新アルゴリズムによる推定含水率分布と実測含水率の各サイトにおける比較 左が 1993 年の SAR データからの推定、右が同サイト 1998 年 8 月の実測含水率分布。