

(II-23) マイクロ波散乱モデルを用いた土壌水分量抽出に関する一考察

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
長岡技術科学大学 重原 俊男 UCSB ICES Jiancheng Shi

1 はじめに

国内でも近年、合成開口レーダ (SAR) から得られる後方散乱係数 (σ^0) から土壌表層含水率 (Mv) の推定が様々な手法で試みられている¹⁾²⁾が、いずれも定量観測に至っていない。本研究では、同様の目的のためにマイクロ波放射伝達理論にもとづく散乱モデルを用いて、各パラメータが後方散乱に与える効果について検討し、SAR による土壌水分抽出の一手法を考案し、考察を行った。

2 後方散乱モデル

本研究で使用した散乱モデルは、不連続な境界面を有する、球形粒子がランダムに埋め込まれた半無限の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表面散乱項と体積散乱項で表されている³⁾。モデルによるシミュレーションの結果から、通常の土壌では後方散乱成分の 99% 以上が表面散乱によるものであり、粒径の効果はさほどないと言える。したがって、後方散乱に寄与する土壌のパラメータは、境界面の二種類の粗度 (表面高さの標準偏差: σ と相関長さ: l)、媒体内の体積含水率 (Mv) の三つであり、また SAR システム側のパラメータは周波数 (f) もしくは波長 (λ)、偏波、入射角 (θ_0) である。本研究ではこれらのパラメータが後方散乱に与える効果について考察した。

3 表面粗度 (σ, l) の現地計測

本研究では稲刈り後の水田を対象に、串型ラフネス計 (串の間隔: 4mm, 測定長さ: 約 40cm) を用いて、土壌が掘起こされた粗い地点 84 点 (以後、粗面と呼ぶ) とそうでない滑らかな地点 75 点 (同、滑面) で地表面高さの計測を行い、表面粗度 (σ, l) にどのような分布特性があるかについて調べた。図 1 は求めた全 σ と l をプロットしたものであり、+が粗面、○が滑面を表す。図 1 から水田における σ, l には固有の値があるわけではなく、その分布は地表面状態毎に式 (1)、(2) で表さ

れるような特性があることが分かった。

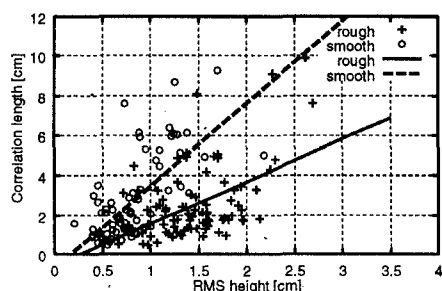


図 1: 二つの粗度パラメータの関係 (水田)

$$\text{粗面: } l = 2.12 \times \sigma - 0.6 [\text{cm}] \quad (1)$$

$$\text{滑面: } l = 4.16 \times \sigma - 0.7 [\text{cm}] \quad (2)$$

それぞれを図 1 に実線、破線で表す。

4 解析および考察

土壌面を対象とした場合、SAR データから前述の三つの土壌パラメータを推定するには、複数の異なるシステムによる σ^0 の同時計測が必要となる。このシステムの選択には異なる周波数による¹⁾、入射角の違いによる²⁾、偏波の違いによる、またこれらを複合的に使用するなどの手法が考えられる。本研究では式 (1)、(2) の $\sigma-l$ 関係を用いることでパラメータを減らし、二偏波、二周波数を用いる手法についてその妥当性の検討を行った。またシステムのパラメータの選択には、表 1 に示す現存の衛星搭載 SAR の諸元を参考にした。なお、シミュレーションに使用した土壌パラメータは、Mv が 0 ~ 30 % まで 10 % 毎、 σ が 0.5 ~ 1.5 cm まで 0.5 cm 毎に変化させ、 $\sigma-l$ 関係には式 (2) を使用した。

4.1 異なる偏波での解析

同一周波数で異なる偏波による検討として、ERS と RADARSAT のシステムを参考に解析を

表 1: 衛星搭載 SAR 諸元

星名	周 (GHz)	band		入 (°)
E ERS-1(2)	5.3	C	VV	23
J ERS-1	1.275	L	HH	35
RADARSAT	5.3	C	HH	

行った。なお、RADARSAT の入射角は 33 度とした。図 2 は、C-band で横軸が HH 偏波、 θ_s が 33 度、縦軸が VV 偏波、 θ_s が 23 度でのシミュレーション結果を表したもので、等 M_v - 等 σ 曲線群を示したものである。なお、 $M_v = 30\%$ 、 $\sigma = 1.5\text{cm}$ では計算できなかった。

4.2 異なる周波数での解析

次に、二周波数による検討に RADARSAT と J ERS-1 のシステムを参考に行った。図 3 は横軸が図 2 と同じ HH 偏波 (33 度)、縦軸が L-band、HH 偏波 (35 度) での σ^0 を表したもので、図 2 と同様の関係を示したものである。なお、縦軸の σ^0 のレベルが C-band とは異なっている。

4.3 考察

図 2、3 から、式 (2) で定義されるような粗度を持つ土壌において、それぞれ選択した SAR システムから得られる σ^0 の交点を内挿することで M_v 、 σ の同時推定が可能であることが分かる。

各パラメータの変化に対する σ^0 の変化に注目すると、理論的には σ 、 M_v ともに大きくなるほど σ^0 も大きくなり、また σ は使用している波長との相対的な長さで決まる。解析結果を見ると、図 2 においていずれの M_v についても σ が 1.0 から 1.5 cm になる際、VV 偏波 σ^0 が小さくなっていることが分かる。これは波長約 5.7cm の C-band に対して σ が大きく、モデルが表しきれていないと考えられる。また図 3 から σ が 0.5cm では L-band の波長に対して小さいため、 σ^0 が雑音程度のレベルまで小さくなっていることが分かる。以上から、波長、偏波の異なる SAR データを使用することで適切な σ 、 M_v の推定が可能であると考えられる。

5 まとめ

- (1) 現地計測から水田における地表面粗度は、その地表面状態毎にある程度の分布特性があることが分かった。
- (2) (1) で得られた $\sigma-l$ 関係を用いた二偏波、二

周波数の SAR データによる土壌水分抽出手法を検討した結果、この手法の妥当性が確認された。

今後、本手法の検証、別の組合せによる検討、異なる入射角での検討、水田以外の地被を対象とした $\sigma-l$ 関係の検討を加えることにより、SAR データを用いた広域的な土壌水分計測手法が可能になると考えられる。

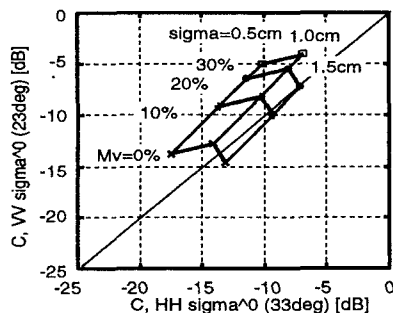


図 2: C-band, HH, VV 偏波での検討

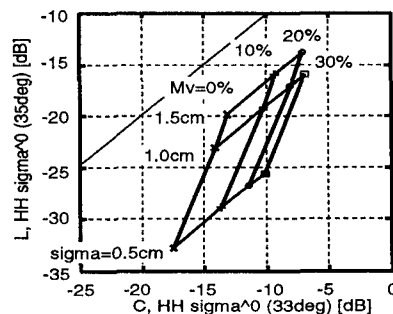


図 3: 異なる周波数での検討

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) 片岡ら, マイクロ波散乱機構の理論モデルと SAR データを用いた地表面粗度パラメータの抽出, 土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集, 共通セッション, pp.342-343, 1996.
- 2) 仲江川ら, マイクロ波センサを用いた土壌水分量と地表面粗度の抽出, 生研フォーラム 第 7 回論文集, pp.60-65, 1996.
- 3) Fung, A. K., *Microwave Scattering and Emission Models and Their Applications*, Artech House, pp.49-73, 1994.