

II-33

マイクロ波リモートセンシングによる土壌水分計測の室内実験

～入射角と粗度の影響について～

東京大学大学院 学生員 ○三浦一彦

東京大学生産技術研究所 正員 虫明功臣・小池雅洋・沖 大幹

1. はじめに

非破壊でかつ広域な土壌水分情報を得る手段として、マイクロ波リモートセンシングの適用が有力視され、主に欧米で基礎研究が進められてきたが、合成開口レーダーを登載したERS-1やJERS-1などの打ち上げが迫り、能動型マイクロ波リモートセンシングは近々実用段階に入ってくる。従って、水文学の立場からの実用化へ向けての研究は緊急性を帯びた課題となっている。当研究室では、X bandマイクロ波散乱計による予備的検討の後、C band散乱計を導入した計測システムを作成し、これまで実験方法等に試行錯誤的な改良を加えてきた。本報では、主に入射角と粗度の変化とマイクロ波散乱特性の関係を述べる。

2. 計測システム及び実験方法

マイクロ波散乱計の諸元を表-1に、またマイクロ波散乱計計測システムを図-1に示す。送信アンテナは90°回転させることができ、HH・VHの二種類の偏波での実験が可能である。回転台を利用するのは、多くのデータを取得し平均することにより、データの代表性を高めるためである。

実験は関東ロームを試料土壌として用いた。まず土壌表面を平らにし、HH偏波について含水率を変化させながら、更に入射角を0°～40°まで5°おきに変え、受信電力を測定した。また、風乾の状態について粗度を変化させ、上記のように角度を変えて測定を行った。こうして測定された受信電力からレーダー方程式によって後方散乱係数を計算した。土壌水分は、地表面から2.5cm毎に10cmまで4深度のサンプリングを行い炉乾法により体積含水率を求めた。

3. 結果と考察

まず、滑面の実験結果を述べる。図-2に入射角0°について、0～2.5cmの深度の体積含水率(%)と後方散乱係数(σ°)の相関を示す。相関係数(r)は0.97であり σ° の水分感度は0.24(dB/%)であった。これは本システムが関東ローム表層土の水分計測へ適用が可能であることを示している。更に、表-2に示されるように、入射角が5°、10°に対してもほぼ同様な水分感度が相関よく得られている。しかし、入射角15°を越えると水分感度は6割程度低下し、相関係数も悪くなってしまう。この原因として散乱特性そのものの変化も考えられるが、それ以前に、入射角が大きくなると受信電力が低くなるため、データの信頼性は疑わしくなっている。この点を検証するため、現在アンテナの高さを低くする等、システムを改良中である。また、深度ごとに体積含水率と σ° の相関関係も求めたが、低水分状態で深度毎のサンプルを採るのが困難であることや、今回の室内実験では実際の裸地に見られるような急激な水分プロファイルの変化が再現できていない事などから、これまでの結果からは有意な差異は認められていない。

次に図-3に風乾期における、粗度の差による σ° の入射角依存性を示す。粗度の大きさを示す指標として平均表面からの高さの標準偏差(rms height)があるが、この値は大きい粗度で1.1cm、小さい粗度で0.3cmであった。この値は、後日行った現地観測の結果、見た目にはほぼ平らな裸地やサッカーグラウンドで0.3程度、人に踏み荒らされた砂浜で0.6程度、緩やかに窪みのある裸地では0.9程度であった。尚、フロインホファー基準によるとこのシステムではrms heightが0.2cm以下では滑面と見なしてよい。図-3を見ると、粗度が大きいほど入射角0°の時は σ° は小さいが、角度による変化が小さく、入射角が増すにつれ相対的に σ° の値が大きくなる事が読み取れる。即ち、粗度が小さい場合には入射角や地表面の傾斜の影響が特に小さい角度で大きい。従って、屋外での水分計測はこうした因子を考慮に入れた上で行う必要がある。一方では、角度による σ° の変化パターンから、地表面粗度が計測可能であることを示唆している。

4. おわりに

本報では、実験システムの構成を紹介し、HH偏波に関して行った実験の結果からマイクロ波リモートセンシングの土壌水分計測に対する入射角・粗度の影響について示した。しかし、大きな入射角と σ^0 の関係、粗度や土質あるいは植生の考慮、表層土壌と水分プロファイルと σ^0 の関係、VH偏波での実験、等まだまだ実験を積み重ねて行かなければならない要素は多い。今後こうした要素の影響を室内実験で確認し、更に屋外での実験観測も平行して行っていく予定である。

謝辞

この研究に際し、文部省宇宙科学研究所の廣澤教授、ならびに日本大学理工学部の高谷教授には多大な援助と協力をいただいた。実験に際しては、千葉工業大学学生(当時)の福田慎一氏の力に負う所が大きかった。また、本研究は文部省科学研究費重点領域(1)01646003の援助の下に行われている。ここに心から感謝の意を表します。

参考文献

Hirosawa Haruto et al(1978):Cross Polarized Backscatter from Moist Soil, Remote Sensing of Environment, 7, pp. 211-217.

Fawwaz T.Ulaby et al(1982),Microwave Remote Sensing(1)-(3), Addison-Wesley Publishing Company.

周波数	5.2GHz, 波長5.77cm
送信電力	4.0dBm
アンテナ	28.9cmφコニカルホーンアンテナ
アンテナ利得	送信 受信 (dBi)
VV偏波	21.25 21.35
HH偏波	21.15 21.35
平均	21.20 21.35
cross	-4.25 -3.05
最大受信電力	0dBm
最小受信感度	-110dBm
(HH偏波の実効-80dBm)	

表-1 マイクロ波散乱計測システムの諸元

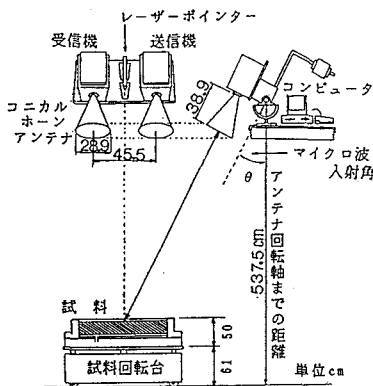


図-1 マイクロ波散乱計測システム

入射角	水分感度(dB/%)	相関係数
0	0.24	0.97
5	0.31	0.96
10	0.29	0.96
15	0.16	0.84
20	0.17	0.88
25	0.19	0.88
30	0.01	0.13
35	0.06	0.34
40	0.18	0.89

表-2 入射角による σ^0 の水分感度と相関係数の変化(滑面の場合)

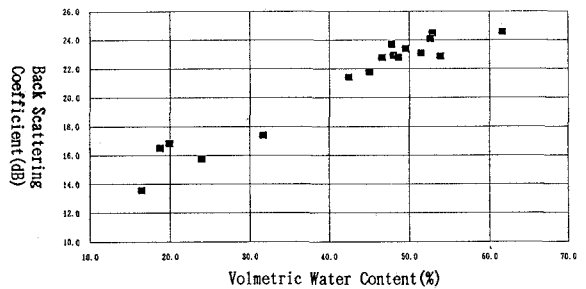


図-2 体積含水率と後方散乱係数の相関関係(滑面の場合)

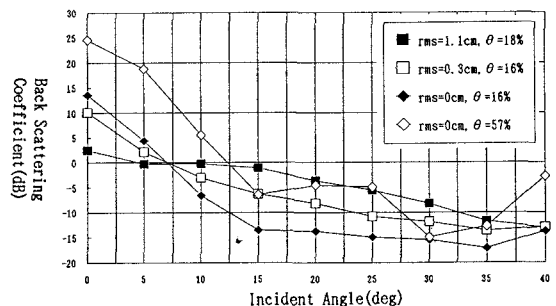


図-3 粗度の差による後方散乱係数の入射角依存性