

(Ⅱ-30) マイクロ波散乱計による土壌水分検出のための野外実験

ERS-1土壌水分検証グループ 虫明 功臣^{*1}、沖 大幹^{*1}、○小池 雅洋^{*1}、弘中 貞之^{*1}
長谷部 望^{*2}、三枝 健二^{*2}、砂田 憲吾^{*3}、伊藤 強^{*3}
水津 武^{*4}、深見 和彦^{*5}、大手 信人^{*6}、仲江川敏之^{*1}
測上 吾郎^{*1}、梅原 和貴^{*7}、行地 正人^{*7}、菅沢 俊也^{*7}

1. はじめに.

合成開口レーダを搭載したEERS-1衛星およびJERS-1衛星が打ち上げられ、能動型マイクロ波リモートセンシング(AMRS)が実用段階に入りつつある。AMRSは解像度も10m単位と高く、従来の可視・近赤外のリモートセンシングにない種々の情報が得られることが期待されている。それらの中で、マイクロ波の後方散乱が土壌水分変化に鋭敏に反応することから、広域な土壌水分の評価にきわめて有用であると期待されている。

効果的に衛星データを使用するためには、マイクロ波レーダから得られる後方散乱係数(σ°)と土壌水分(θ :体積含水率)の関係を明確にしておくことが重要である。虫明研究室では、EERS-1衛星とはほぼ同じ周波数のマイクロ波散乱計を用いて土壌水分計測のための基礎的な室内実験と野外実験を実施している¹⁾。また、EERS-1、JERS-1衛星の打ち上げに伴い土壌水分検証グループを組織し、衛星データのグラウンド・トゥースと同時に、マイクロ波散乱計による野外実験を千葉県周辺の土地利用が異なる5地点で実施している。

本稿では、千葉市にある明治大学農学部農場のサッカー場で行った野外実験に関して報告する。

2. 散乱計システムとレーダ方程式

野外実験で使った散乱計システムの外観と散乱計の諸元を図.1に示す。散乱計システムは、送・受信装置と2つのアンテナで構成された周波数5.2GHzの散乱計である。Fresnel領域や車両側面からの電波反射などを考慮して設計されたアンテナ架台をワゴンタイプの車両上に搭載し架台の先端に2個のアンテナを取付けている。送・受信装置本体とデータ収集システム(パーソナルコンピュータ)は、車両内に設置した。電源には、発電機を使用し定電圧装置を経由して供給した。

土壌面からの後方散乱を表すレーダ方程式を下記に示す。

$$P_r = \frac{\lambda^2}{(4\pi)^3} \frac{P_t G_t G_r}{R^4} (A_0 \sigma^0) \quad (1)$$

$$A_0 = \pi \left(R \tan \frac{\Theta_h}{2} \right)^2 / \cos \Theta \quad (2)$$

ここで、 λ :波長、 P_t :送信電力、 P_r :受信電力、 G_t :送信77°利得、 G_r :受信77°利得、 A_0 :散乱面積、 σ^0 :後方散乱係数、 R :77°から土壌面までの距離、 Θ :入射角、 Θ_h : Θ - Δ 幅、を表している。

3. 野外実験の概要

後方散乱係数の評価(散乱実験):後方散乱係数(σ°)は、一般に土壌水分のみに影響されるのではなく土壌特性、土壌面粗度、植生にも影響される。これらの影響因子の中から土壌水分のみの情報を注出して後方散乱係数と土壌水分を関係づけることはかなり困難である。ここでは、実験条件を同一視できる環境で土壌水分と後方散乱係数の関係をみるため、明治大学のサッカー場(関東ロームの裸地面)内に図.2に示すような10mメッシュの試験区(60m×100m)を設置し実験を行った。散乱計システムを搭載した車両を試験区の路線の間を1~2Km/hの速度で走らせ、土壌面から後方に散乱するデータ(受信電力)を0.01秒間隔で2分間連続測定して得られる1200個のデータを使用しレーダ方程式からコース毎の後方散乱係数を算定する。ここでは、アンテナの入射角を20°、HH偏波面に固定して1992年7月~11月にかけて4回の実験を行った。

土壌水分の評価:土壌試料は、メッシュの交点において地表から深さ2.5cmまでの土壌を散乱実験と平衡して77個採取する。試料容器は50mlの金属製円筒サンプラーを使用した。土壌試料は水分変化の生じないよう短時間で採取し、採取後も早急に計量を済ませ体積含水率を求めた。

#1:東京大学生産技術研究所・正員、#2:日本大学理工学部電子工学科、#3:山梨大学工学部土木環境工学科
#4:郵政省通信総研、#5:建設省土木研究所、#6:京都大学農学部林学科、#7:千葉工業大学土木工学科

4. 野外実験の結果と考察

図. 3 に7月10日の実験で得られた体積含水率を示す。10mのメッシュ毎の体積含水率は、25～65%とかなりのバラツキがある。解像度12.7m単位で得られる衛星データを利用する場合、面的な土壌水分をどの様に評価するか、またどのくらいの密度で土壌試料を採取すればよいか土壌データの取扱い方も重要な課題となっている²⁾。ここでは、暫定的に散乱実験と同じくコース毎にA～Kまでの11個の体積含水率を平均して後方散乱係数に対応する土壌水分とした。

図. 4 に後方散乱係数と体積含水率の関係を示す。710 (7月10日)、718、1023、1127の4回の実験結果である。718のデータは、降雨中の実験によるもので体積含水率が大きいにも係わらず、他の3回の実験と比べ後方散乱係数がやや小さな値を示している。この原因については、降雨により土壌面に薄い水溜まりが部分的に存在していた事実から土壌面で鏡面反射が生じ後方への散乱が減少したと推測されるが、明確に説明することができない。718のデータを除外して求めた回帰直線の相関係数は0.94、水分感度を表す直線の傾きは0.28 (dBm/%)である。この水分感度は、 σ° の1dBmの変化により体積含水率が3.6%の変化を検出できることを意味しているが、一昨年、虫明研究室で行った成田砂による野外実験 ($\theta=20^\circ$ 、HH偏波) から得られた水分感度 (0.43dBm/%)よりも後退している。この水分感度の後退は土壌の相違、土壌面粗度の相違、その他によるものか現在のところ解明されていない。

しかし、今回の実験結果も、Hirosawa, H., et.alやUlaby, Moore, R. K., et.alの既往の研究結果と類似の値を示している。

5. 今後の課題

今回の野外実験は、ERS-1およびJERS-1のグランド・トゥースと同期して明大農学部 (裸地) のほか、九十九里浜 (砂地)、千葉市農業試験場 (畑地+植生) など土地利用が異なる5地点で実施したものであり、現在、衛星データと地上データの突き合わせ作業を行っている。今後は、そうした作業を進める一方さらに多くの散乱実験から詳細な地上データを収集することを考えている。

《参考文献》

- 1). 虫明功臣ほか: マイクロ波散乱計による土壌水分計測のための室内実験と野外実験、'92年研究発表会要旨集、1992年8月、水文・水資源学会
- 2). 虫明功臣ほか: SARデータ利用のための土壌水分空間分布調査、第20回関東支部技術研究発表会概要集、1993年3月、土木学会



図. 1 散乱計システムの外観と散乱計の諸元



図. 2 明大のサッカー場に設置した試験区

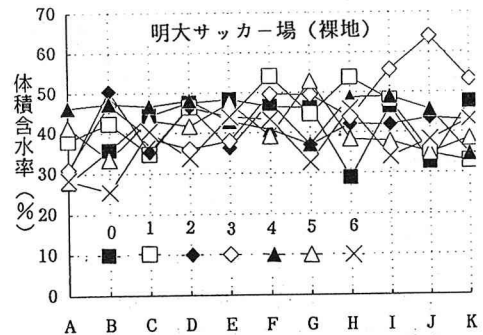


図. 3 710 (7月10日) の体積含水率

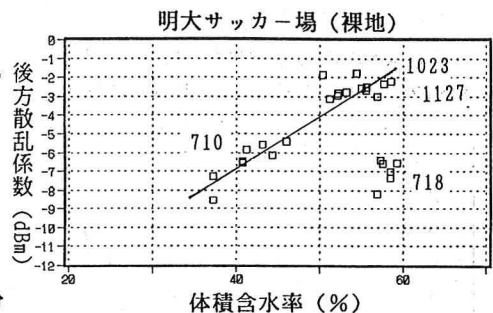


図. 4 後方散乱係数と体積含水率