

マイクロ波散乱計による積雪観測のための野外実験

東京大学生産技術研究所 正員 ○小池 雅洋
 東京大学生産技術研究所 正員 虫明 功臣
 東京大学生産技術研究所 正員 沖 大幹
 東京大学大学院 学生員 洲上 吾郎

1. はじめに

能動型マイクロ波リモートセンシングは解像度も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、水文学の立場では特に水資源計画を考える上で重要な要素である広域な土壤水分の評価や積雪域での面的な積雪水量の評価に極めて有用であると期待されている。筆者らの研究室では、C-bandのマイクロ波散乱計を構築して土壤水分計測、および積雪観測のための基礎的な野外実験を実施している。ここでは、積雪観測の第一報として滋賀県で実施した野外実験の結果に基づき、積雪深とマイクロ波の後方散乱係数(σ°)との関係について報告する。

2. 積雪量観測の原理と散乱計システム

基本的な原理は、マイクロ波センサーによる土壤水分計測と同様、水に比べて水の誘電率が圧倒的に大きいため、積雪の減衰率が測定されることにある。すなわち、土壤に比べて積雪層内ではマイクロ波の吸収が小さく、照射されたマイクロ波は積雪層を減衰しながら通過して地表面（ほぼ飽和した土壤と考えられる）に到達し、地表面によって反射し、再び減衰しながら後方散乱して受信シグナルとして探知される。これから積雪層の厚さが推定できる。含水率および、それに結び付けて与えられる雪の密度、積雪層の厚さがわかれば積雪層全体の相当水量が算定できることになる。

野外実験で使用した散乱計システムの外観を図. 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。ワゴンタイプの車両上に入射角、偏波面を手動で換えることができるアンテナ架台を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。

3. 野外実験の概要

滋賀県木之本町の水田地帯に試験区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農道沿いに2~3Km/hの速度で走らせ、積雪面にマイクロ波を照射し積雪層からの後方散乱を受信電力として0.1秒間隔で2分間連続測定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。実験条件として、ライク偏波(HH)とクロス偏波(VH)の2偏波面とし、アンテナ入射角を偏波毎に25°、35°、45°と換えて合計198ケースの実験を実施した。実験期間は1993年3月2日~3日である。3月1日の夕方から降雪があり、2日の昼過ぎまで続いた。実験初日の積雪深は、水田に毎に若干異なるが10~21cmであった。実験二日目には天候が回復し融雪がおこり積雪深が0~6cmとなったため水面や稲の切り株が目立った。

4. 実験結果と考察

図. 2(a)、(b)に実験結果の例を示す。実験一日目の乾雪の場合は、後方散乱係数と積雪深との関係が比較的良好であるが、実験二日目の積雪深の小さい湿雪の場合では、マイクロ波が水田の土壌面の粗度、稲の切り株、水面などによる影響を直接受けるためバラツキがあるので二日間のデータを同一視できない。この傾向は、アンテナ入射角、偏波面の違いにかかわらず同様である。ここでは、バラツキの原因把握が困難であるため実験初日の乾雪の積雪に限定した解析を試みた。表. 1に、散乱実験毎の σ° と積雪深の関係の回帰直線の勾配(A)、切片(B)、相関係数を示す。

積雪深感度に関して: 回帰直線は、 $\sigma^\circ = A \times \text{SNOWDEPTH} + B$ で表され、その勾配は積雪深感度を表すことになる。例えば、入射角=25°、HH 偏波、感度A=0.181は、 σ° が5.5dB変化して約1cmの積雪深を検出できること、また、入射角=45°、HH 偏波、A=0.681では、1.5dBの変化で1cmの積雪深を検出できることを意味している。今回の実験では入射角度が大きいくほどAが大きくなり積雪深感度が良い結果となっている。

ライク偏波(HH)とクロス偏波(VH)を比べると積雪深感度に関しては大きな差はない。しかし、クロス偏波の方がやや良い相関係数を得ている。

入射角度の依存性に関して: クロス偏波は、ライク偏波よりも σ° が10dB程度低くなっているが、双方とも入射角が大きくなるにつれて σ° の値が低く評価される。しかし、クロス偏波の場合は、ライク偏波のよ

うな顕著な入射角依存は見られない。

ライク偏波とクロス偏波情報の応用:ライク偏波で得られた後方散乱係数: σ°_{hh} とクロス偏波の σ°_{vh} の情報から積雪深感を、精度良く評価する試みとして $[\sigma^{\circ}_{vh} \times \sigma^{\circ}_{hh}]$ および $[\sigma^{\circ}_{vh} / \sigma^{\circ}_{hh}]$ と積雪深との関係を求めた。その例を表. 2 と図. 3 (a)、(b) に示す。結論からいえば $[\sigma^{\circ}_{vh} \times \sigma^{\circ}_{hh}]$ と積雪深の関係は、どの入射角の場合も感度、相関係数とも改善されている。例えば、入射角=45° 感度が $A=1.329$ では、 $[\sigma^{\circ}_{vh} \times \sigma^{\circ}_{hh}]$ の 0.75dB の変化により 1cm の積雪深が検出できる。 $[\sigma^{\circ}_{vh} / \sigma^{\circ}_{hh}]$ の場合は感度、相関係数とも悪化した。現在、 $[\sigma^{\circ}_{vh} \times \sigma^{\circ}_{hh}]$ がマイクロ波の散乱にどのような意味があるのか不明であるが、 σ°_{vh} と σ°_{hh} を単独で取り扱うよりも積雪深の検出に有効であると考えられる。

《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). 深見和彦ほか: C バンドマイクロ波散乱計による積雪観測実験、'92 年研究発表会要旨集、1992年8月、水文・水資源学会



図. 1 散乱計システムの外観

表. 1 積雪深感度と相関係数 (HH, VH)

入射角	偏波面	A: 積雪深感度	B: 切片	相関係数
25°	HH	0.181 dB/cm	-10.37	0.43
	VH	0.228	-25.70	0.49
35°	HH	0.455	-16.95	0.62
	VH	0.342	-28.33	0.62
45°	HH	0.681	-23.82	0.68
	VH	0.648	-34.45	0.71

表. 2 積雪深感度と相関係数
(VH/HH, VH*HH)

入射角	偏波面	A: 積雪深感度	B: 切片	相関係数
25°	VH/HH	0.047 dB/cm	-15.34	0.16
	VH*HH	0.408	-36.07	0.49
35°	VH/HH	-0.113	-11.38	0.37
	VH*HH	0.796	-45.27	0.63
45°	VH/HH	-0.032	-10.63	0.10
	VH*HH	1.329	-58.28	0.71

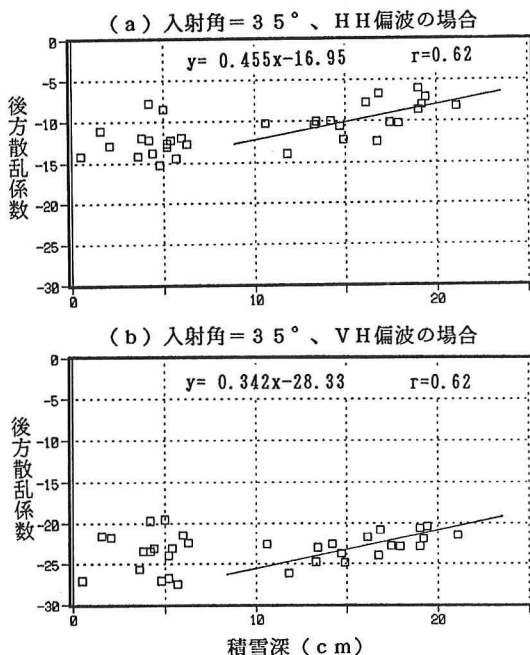


図. 2 後方散乱係数と積雪深の関係

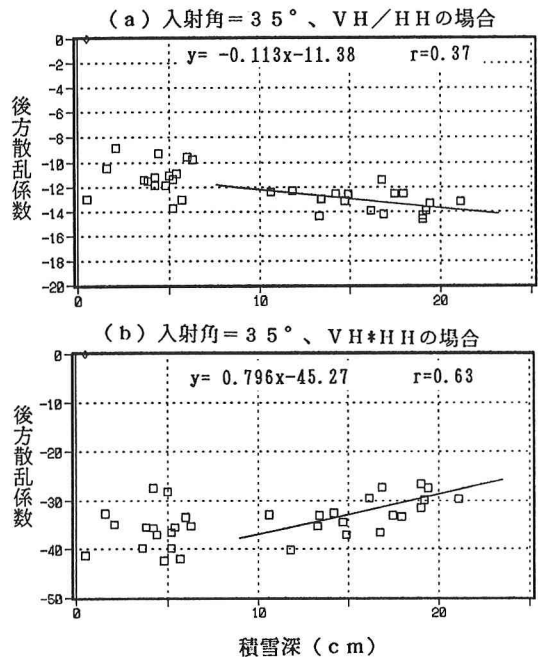


図. 3 偏波情報の応用