

II - 22

シミュレーションによる
降雪のレーダ降雪観測手法の検討

長岡技術科学大学 大学院 学生会員 ○ 藤井 秀幸
 長岡技術科学大学 正会員 小池 俊雄
 長岡技術科学大学 原田 昌信

1. はじめに

降雪は水資源として重要であると同時に雪崩や交通障害をもたらす災害要因でもあり、降雪状況の時間・空間分布の定量観測は重要な課題となっている。その点、レーダは広域同時性・即時性などの利点を有し、その果たす役割は大きい。しかし、降雪現象においては、レーダ反射を支配するパラメータの変動が大きく、十分な精度で観測することが困難であった。2周波レーダや2偏波レーダのようなマルチパラメータレーダは、観測の情報量を増やすことによってパラメータの推定が期待されている。

そこで、本研究では降雪定量観測を目的とし、マルチパラメータレーダを用いた観測手法の検討を行なうために、地上観測に基づて降雪粒子特性を決定し、後方散乱シミュレーションから2周波レーダ、2偏波レーダの散乱特性を調べた。

2. 解析方法

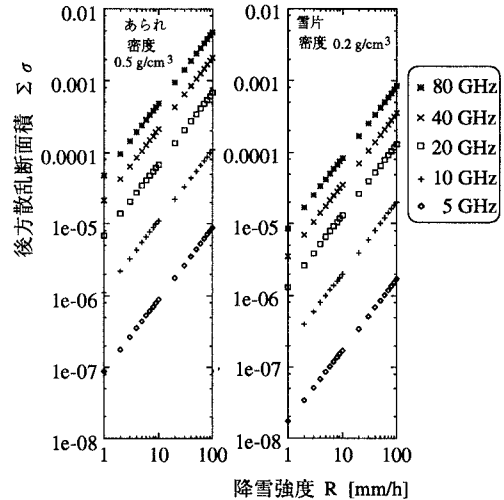
レーダによる降雪観測において、ターゲットとする降雪粒子は、ランダムな位置にある多数の散乱体の集合と考えることができる。このようなターゲットによる散乱波の受信電界は、個々の散乱体による散乱波のベクトルの合成となる。そこで、地上観測結果から降雪粒子の粒径分布・軸比分布を「あられ」と「雪片」それぞれについて決定し、個々の降雪粒子の後方散乱断面積 σ を総計することにより、単位体積あたりの後方散乱断面積 $\Sigma\sigma$ を計算した。一般に、降雪粒子の形状は球ではなく複雑な形をしているうえに比較的粒径が大きいため、個々の降雪粒子の後方散乱断面積 σ は、非球のMie散乱モデルを用いて計算をした。

このようにして求めた後方散乱断面積 $\Sigma\sigma$ をもとに、2周波レーダと2偏波レーダの検討を行なった。

3. 解析結果及び考察

(1) 2周波法に関する検討

一般に、降雪粒子の散乱特性は粒径が大きくなるにつれ、Rayleigh散乱からMie散乱へと移行する。2周波レーダは「あられ」より「雪片」のほうが比較的、

図1 降雪強度 R と後方散乱断面積 $\Sigma\sigma$ の関係

粒径分布が大きいことを利用して、後方散乱に逆転が生じるような2つの周波数を用いて観測を行えば、「あられ」と「雪片」の判別が可能である。そこで、シミュレーションによって、実際の粒径分布・軸比分布で逆転が生じるような周波数が存在するかを調べた。

図1は、後方散乱断面積のシミュレーション結果である。周波数を $5GHz \sim 80GHz$ まで変化させた。この図で、「雪片」と「あられ」、両者を比較すると、「あられ」の方が全体に大きな値を示すが、逆転現象は見られない。よって、2周波レーダによる降雪粒子のタイプ判別は難しいといえる。

(2) 2偏波法に関する検討

2偏波法は、水平偏波、垂直偏波、右回り円偏波、左回り円偏波の送受信のいくつかの偏波パラメータを組み合わせる手法である。本研究では、水平偏波と垂直偏波の組み合わせであるレーダ反射因子差 Z_{DR} について検討を行った。一般に、 Z_{DR} は粒子の形状に依存し、 $Z_{DR} = 0$ は球、絶対値が大きいほど変形している粒子を表わすといわれている。 Z_{DR} はシミュレーシ

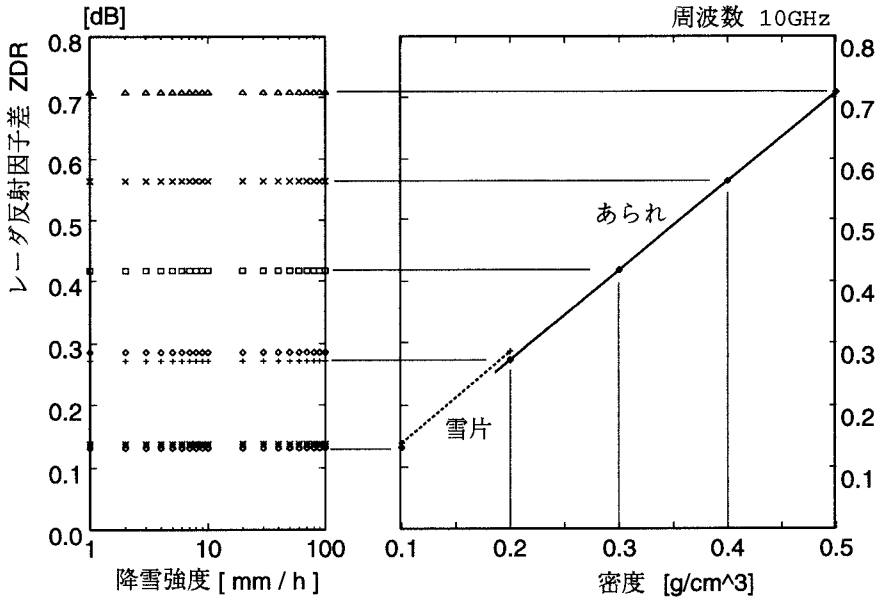


図2 レーダ反射因子差 Z_{DR} シミュレーション結果

ンの結果から得た水平・垂直の後方散乱断面積 σ_H, σ_V から、次式により算定した。

$$Z_{DR} = 10 \log |\Sigma \sigma_H(x, D) / \Sigma \sigma_V(x, D)| \dots\dots (1)$$

Z_{DR} のシミュレーション結果を図2に示す。図2の左のグラフはレーダ反射因子差 Z_{DR} と降雪強度との関係、右のグラフはレーダ反射因子差 Z_{DR} と粒子密度との関係である。また、「あられ」を実線、「雪片」を点線で示してある。なお、 Z_{DR} のシミュレーションは、各周波数で行なったが、どの周波数でも同じ傾向を示したので、ここでは、10GHzのシミュレーション結果を示してある。これにより、レーダ反射因子差 Z_{DR} は降雪強度によらずほぼ一定であり、むしろ、粒子密度に依存していることがわかる。また、「あられ」と「雪片」でさほど差がない。

図3は、雪片、あられ、雨の粒子1つ当たりの Z_{DR} を比較したものである。グラフの下に示した形状の粒子の Z_{DR} を計算をした。これによると、密度が1.0である雨に比べて、密度が小さく、しかも、氷と空気の混合体である雪粒子の Z_{DR} が非常に小さい。また、より変形している雪片よりも、密度の大きいあられの方が Z_{DR} の変化が大きくなっている。つまり、形状よりも粒子密度の影響が大きいことがわかる。

したがって、図2のように、あられと雪片の差がなくなり、密度に依存する結果になったと考えられる。

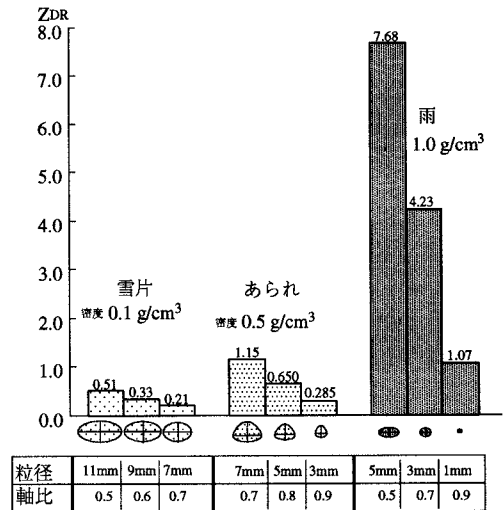


図3 レーダ反射因子差 Z_{DR} の比較

4. おわりに

偏波レーダで測定できるレーダ反射因子差 Z_{DR} は、降雪強度によらずほぼ一定で、密度が小さいために形状の効果が現われにくく、むしろ、密度に依存する。

参考文献

- (1) 藤田敏和・小池俊雄・後藤巖：多機能レーダシステムによる降雪の定量観測手法の開発，第48回年次学術講演会講演概要集，1993