

II-37

降雪に対するXバンドレーダのキャリブレーション

東京工業大学大学院 学生員 小澤啓明
 東北電力 正 員 西岡正訓
 東京工業大学総理工 正 員 石川忠晴

1. はじめに

Xバンド汎用レーダは、安価でかつ小型・軽量であることから、小流域などでの水文調査・研究に有用であると考えられる。そこで本報では、市販のXバンドレーダを、降雪観測用装置としてのキャリブレーションした結果を報告する。

2. 観測方法

1993年12月から1994年2月にかけて、宮城県刈田郡七ヶ宿町にある建設省七ヶ宿ダム管理所にレーダを設置して観測を行った。ダム湖で視界が開けている西北方向（風上方向）にレーダを向けて、鉛直断面内で回転させて降雪の様子を捉えた。

地上では、レーダサイトから約7kmの地点において、35mmカメラもしくは小型ビデオカメラを用いて、単位空間内（スリット内）を通過する雪粒を撮影した。その画像内の雪粒の個数と面積を、35mmカメラで撮影された写真は人間の目で判読し、また、小型ビデオカメラで撮影された画像は画像解析によって求めた。

3. 観測結果の整理

図-1は、レーダサイトから7km地点の上空1kmにおけるレーダエコー値（距離補正済み）の時系列と地上観測結果を解析して得られた空中の雪の体積密度の時系列を比較したものである。この際、画面内（写真1枚）に入る雪粒の個数にかなりばらつきがあるため、画面内の雪粒の総面積を総個数で除した平均面積の平方根をとって画面内の平均粒径 d とし、この d を用いて雪の体積密度を計算した。図を見ると、各々の日のレーダエコー値の波形と雪の体積密度の波形は概ね対応していることから、レーダは空中の雪の体積密度をかなりの確に捉えている可能性がある。しかし、全ての図を比較すると、レーダエコー値と雪の体積密度の相対関係がかなり異なっている。これは、各々の日において雪粒の大きさ及び数の分布にかなりの差異が見受けられたためであると考えられる。

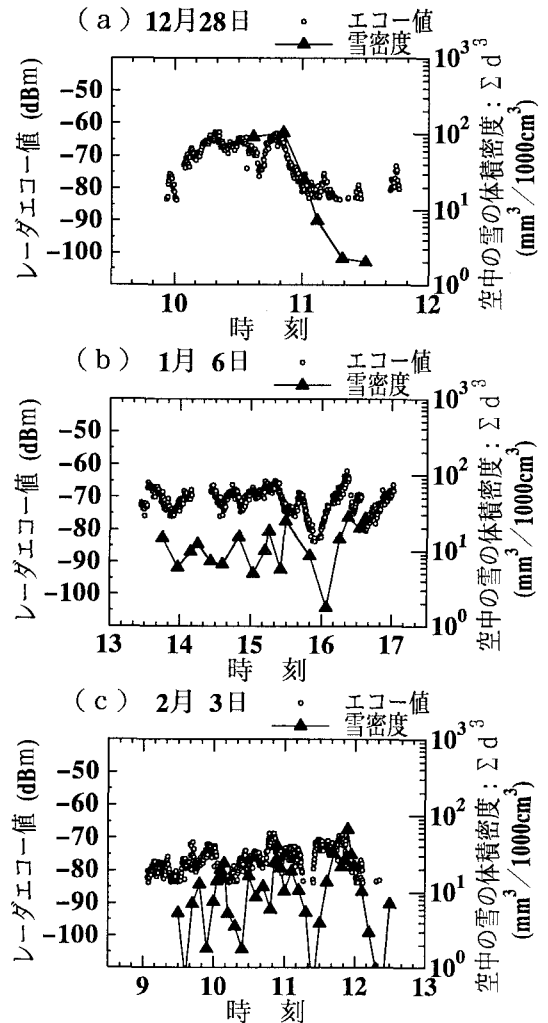


図-1 レーダエコー値と空中の雪の体積密度の時系列

4. レーダ方程式からの検討

一般に、雨粒に対してのレーダエコー強度は、(1)式で表されるレーダ反射因子 Z に比例する。そこで雪粒に対しても同様の関係が成立すると考えられている。^{1) 2)}

$$Z = \sum N(D) D^6 \quad (1)$$

ここに、 $N(D)$ ：粒径分布、 D ：雨粒・雪粒の粒径

まず、式(1)の適合性を調べるため、図-1において、レーダエコー値の波形と空中の雪の体積密度の波形の山や谷の対応する点をとる。式(1)の定義通り各々の雪粒の粒径を6乗してから合計した粒径の6乗和を求め、レーダエコー値と対応させるものが図-2である。観測日によって関係の異なることがわかる。そこで、式(1)の乗数を変化させて観測日による差を解消を試みたが、図-3（乗数13）のようにグラフの直線の傾きが1からずれてしまい、(1)式のような比例関係にはならなかった。

5. 雪粒の平均粒径の導入

そこで、前述した雪粒の画面内の平均粒径 d を式(1)に導入して解析を行った結果が図-4である。レーダエコー値と雪粒の粒径の6乗和とがほぼ一価関係を持っていることがわかる。このことから、雨粒に対するレーダ方程式が、画面内の平均粒径 d を導入することで雪粒に対しても適用できることがわかる。

また、この図には、2月3日に得られたビデオのデータ解析結果も載せてあるが、ビデオのデータが全体的に右の方に寄っている。これは、写真のデータは雪粒の大きさを人間の目で判読したが、ビデオのデータは画像解析時に1画素未満の雪粒も1画素として判読されるため、雪粒の大きさが実際よりも大きく判読されている可能性が高いことが原因と考えられる。

6. 終わりに

本研究により、Xバンドレーダが空中の雪密度をかなり良く捉えていることが定量的に示された。また、雪粒の粒径として平均粒径をとった場合、雨粒と同様にレーダエコー強度が粒径の6乗に比例することが示された。

本研究を行うにあたり、建設省セツ宿ダム管理所、東北大学工学部土木工学科河川研究室の皆様にご助力を頂いた。記して謝意を表する。

<参考文献> 1) 小池俊雄ら：レーダによる降雪定量観測手法の開発，第1回河川情報センター研究発表会講演集，p.59～71，1992、2) 中本聖一郎ら：降雪時の粒径分布及び誘電率に関する研究，第44回年次学術講演会概要集，p.88～89，1989

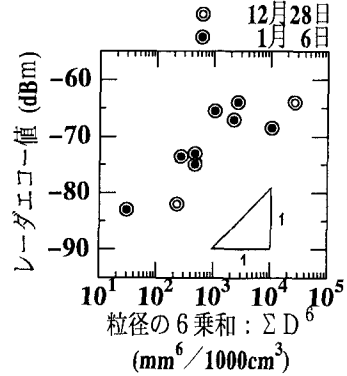


図-2 雪粒の粒径の6乗和とレーダエコー値の比較

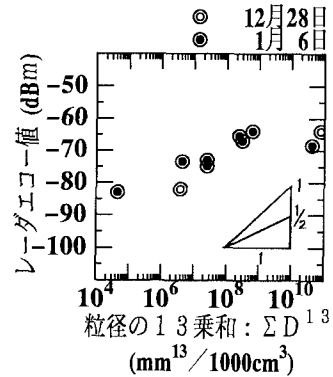


図-3 雪粒の粒径の13乗和とレーダエコー値の比較

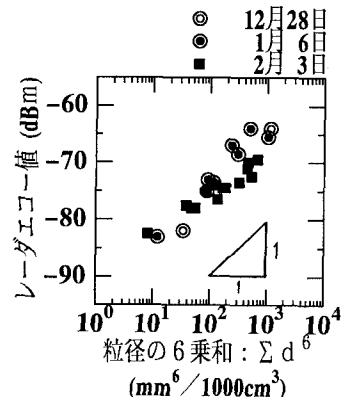


図-4 雪粒の平均粒径の6乗和とレーダエコー値の比較