

II-26

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

新潟県

正員 藤田敏和

長岡技術科学大学建設系 正員 小池俊雄

長岡技術科学大学建設系 正員 後藤 巖

1. はじめに

近年、レーダ雨雪量計が全国的に配備されつつあり、降雨・降雪状況の時空間的な分布の観測が可能となってきている。しかしながら、降雪機構には未解明な部分が多く、また、降雪粒子は降雨粒子以上に、形状・粒径分布・密度・落下速度・誘電率などレーダ反射を支配する因子の変動が大きく、降雪領域の定性的把握はできても、その定量観測は困難な状況にある。本研究では、これらの因子のうち Z (レーダ反射因子) - R (降雪強度) 関係を定める落下速度と粒径分布に着目し、これらの実測に基づき、その特性を組み込んだ Z - R 関係を提案する。さらに各種レーダにより降雪観測を行い、地上と上空での諸特性の比較を試み、レーダから降雪強度を定量的に推定する手法について検討した。

2. 降雪観測システム

地上における粒径分布、落下速度は長岡技術科学大学屋上に設置された地上降雪粒子観測装置により撮影された粒子画像を画像処理して計測した。また、降雪粒子のタイプ判別を 35GHz ミリ波偏波レーダにより、そして上空における落下速度およびレーダ反射因子はドップラー鉛直レーダにより観測を行った。地上において、降雪粒子が「あられ」であるか「雪片」であるかを判別するために、 -20°C に冷却した灯油をプラスチック製の容器に満たし、この中に粒子を直接捕獲した。また降雪観測に並行して、電子天秤とパーソナルコンピュータを組み合わせ、1分毎に降雪強度を実測した。観測期間は1992年1月18日～3月21日、1993年1月19日～2月9日までである。

3. 解析結果と考察

(1) 降雪粒子のタイプ判別

降雪粒子のタイプ判別は、35GHz ミリ波偏波レーダにより得られたレーダ反射因子差 Z_{DR} について検討を行った。対象としたデータは1993年1月30日13:53～14:27に発生した対流性降雪に対する一例ではあるが、その結果、レーダから近距離においては、 Z_{DR} 値は「あられ」では、約 0[dBZ] 付近の値を示し、一方「雪片」では約 +2[dBZ] 付近の値となった。これより、「雪片」の方がより高い Z_{DR} 値を示し、これは横長に扁平した粒子の存在を示唆していると考えられ、一例ではあるが降雪の偏波観測から粒子のタイプ判別が行えるのではないかとこの結果を得ている。

(2) 落下速度

地上における「あられ」「雪片」別の落下速度と粒径との関係を図1、2に示す。これによると、「あられ」については粒径依存性が確認されるが、「雪片」ではこの傾向は見られずほぼ一定となった。また、「あられ」に対して降雪強度の算定にあたり、落下速度を平均値とした場合と粒径依存性をもたせた場合について検討した結果、降雪強度には著しい違いはみられなかったため、落下速度の Z - R 関係への適用には「あられ」「雪片」共にその平均値としてモデル化を行った。

次に、上空における落下速度について検討した。まず、ドップラー鉛直レーダにより得られたドップラーспекトルの一例を図3に示す。これより、спекトルに2つのピークが存在するが、プラス方向の主たるピークにおけるспекトルを降雪粒子成分と考え、このピークでの落下速度と地上における2分毎の落下速度の平均値との関係を検討した結果の一例を図4に示す。これより、上空と地上でかなり良く一致していることが分かる。従って、ドップラー観測より、地上での降雪強度の算定にあたり

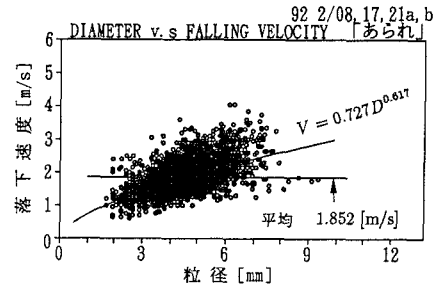


図1：落下速度と粒径の関係「あられ」

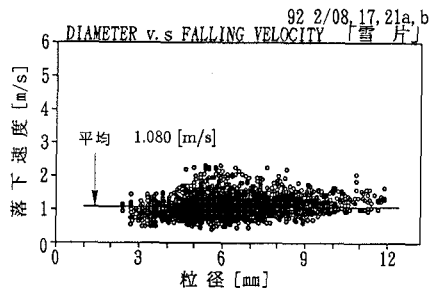


図2：落下速度と粒径の関係「雪片」

落下速度を定量的に決定することが可能であることが示された。

(3) 粒径分布

画像処理より計測した粒径分布から、一般に「あられ」では10mmを超えるような大粒径は存在せず、これに対し「雪片」では数としてはわずかではあるが、10mmを超える大粒径が存在することが確認された。

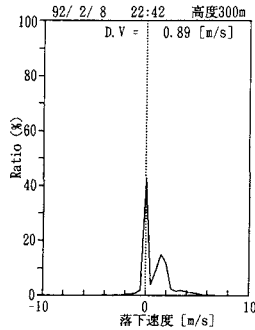


図3：ドップラースペクトルの一例

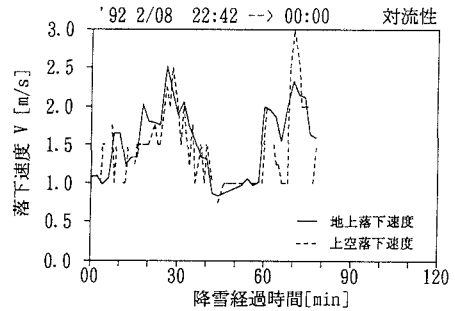


図4：地上と上空での落下速度の時系列変化

(4) $Z-R$ 関係への適用

地上で得られた落下速度、粒径分布、密度の特性を使って、 $Z-R$ 関係へ適用した結果を図5に示す。プロットは観測値であり、直線は粒径分布に Marshall-Palmer の指数分布を適用した $Z-R$ 関係モデル式の結果である。これより、「あられ」と「雪片」で異なる関係式が得られ、これは「あられ」と「雪片」の落下速度と粒径分布の特性の違いを反映したものと考えられる。また、モデル式は観測値を良く表現していると言える。

(5) レーダによる地上降雪強度の推定

地上粒子観測とドップラー鉛直レーダ観測から得られた地上と上空のレーダ反射因子 Z の時系列変化の一例を図6に示す。なお、これはドップラースペクトルの降雪粒子成分と考えられるスペクトルのピークにおける落下速度値を用いて、地上に達するまでの遅れ時間を考慮して対応させた結果である。これより、 Z の変動傾向は地上と上空でかなり良く一致していると言えるが、その値にはかなりの差があることが分かる。この点に関しては、ドップラー鉛直レーダから得られた値そのものが通常の降雪に対して非常に小さい値であるため、この差はドップラー鉛直レーダの導波管ロスと考え、その値をシフトさせた結果が図中のプロットである。このようにして対応させた上空におけるレーダ反射因子 Z から地上で推定した $Z-R$ 関係を使って、降雪強度を推定した結果の一例を図7に示す。これより、実測降雪強度と推定降雪強度は比較的良好に一致していることが分かる。

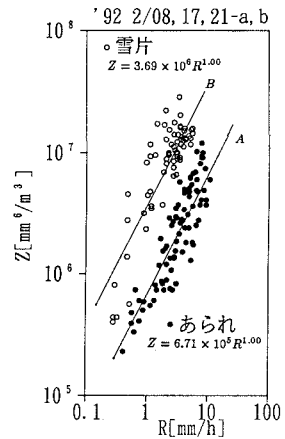


図5： $Z-R$ 関係

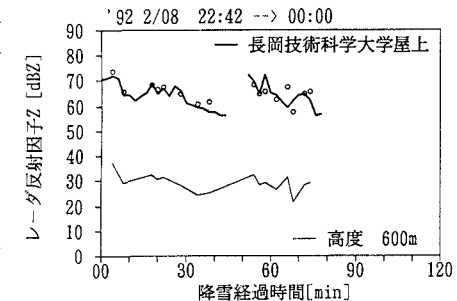


図6：地上と上空における Z の変動傾向
(プロットは導波管ロス 36.2[dBZ] を

シフトさせたもの)

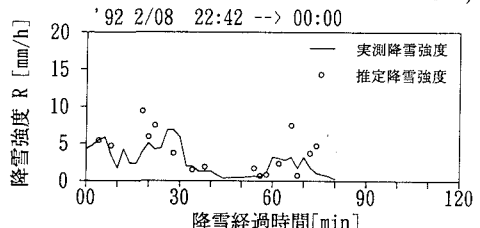


図7：レーダから推定した降雪強度

4. 結論

1) 降雪の偏波観測により、降雪粒子のタイプ判別の可能性が示された。2) 地上降雪粒子観測装置により、地上での落下速度と粒径分布を明かにし、 $Z-R$ 関係を定量的に同定することができた。3) 降雪のドップラー観測により、上空での降雪粒子の落下速度を明かにし、上空におけるレーダ反射因子 Z から地上降雪強度を定量的に推定することが可能となった。

以上より、地上における降雪粒子観測と実際のレーダ観測との対応結果から、レーダによる降雪量の定量観測の可能性が示された。

謝辞

本研究は、文部省科学研究費試験 B(1)「降雪リモートセンシング検証システムの開発」(代表：小池俊雄) および平成4年度(財)河川情報センター研究開発助成による。ここに記して謝意を表する。