小型マイクロ波ドップラー装置を用いた降水量推定手法の検討

長岡技術科学大学 大学院工学研究科環境社会基盤工学専攻 長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻

防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 中井専人 安達 聖 鈴木紘一

○瓜生大地

熊倉俊郎

工房雪測

山崎正喜

株式会社 スノーテック新潟

山倉祐也 齋藤隆幸

1. はじめに

日本では、北海道から山陰地方にかけて、日本海 側の地域では毎年多くの降雪がみられる. これらの 地域は世界的に見ても人口稠密地域における豪雪地 帯が多く,降雪が人々の生活に与える影響は大き い. 一言に影響といえども、利用価値のある利雪か ら被害を与える雪害まで様々であるが、この影響度 合いを左右するのは雪の降水量やその種別である. 観測機器を低コストで作製し, 雪の降水量や降水種 別を多くの地点で測定することができれば、地域に おける雪の利用や防災などに役立てやすくなる.

本研究では、降雪の種類や量をコントロールでき る人工降雪実験場に小型マイクロ波ドップラー装置 を設置し、観測を行うとともに、観測結果から降水 量を推定する手法の検討を行う.

2. 観測機器・実験について

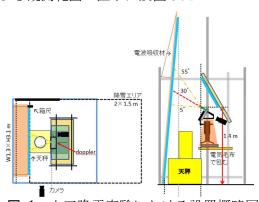
2. 1. 小型マイクロ波ドップラー装置

24 GHz 帯の K バンドマイクロ波を用いたドップ ラーセンサーで、出力中間周波数範囲の1Hz~1 MHz に対応して、同位直交出力の位相の変化を検 知することで 6.2 mm/s から 6.2 km/s までのセンサー 向き速度を計測可能である. 対象物の速度は出力中 間周波数で出力され、反射強度信号の振幅は見かけ の立体角に比例している. 45 度×35 度の楕円形の指 向性を持ち、この内部角内ではほぼ同じ大きさの信 号を放射している.この装置より出力された信号を 5 kHz で A/D 変換し、デジタルデータとして保存し た. 5 kHz でサンプリングした場合には 10 m/s 程度 の速度まで計測が可能である.

2. 2. 人工降雪実験における観測

2022年8月1日~4日に防災科学技術研究所新

庄雪氷環境実験所の雪氷防災実験棟にドップラー装 置を設置し、人工降雪実験を行った。 実験での降 雪は、樹枝状結晶(降雪A)と球状の氷球(降雪 B) の2種類で、降雪強度はそれぞれ5段階あるう ちの1 (最も弱い), 3 (中程度), 5 (最も強い) の 3段階,計6パターンを用いた.また、ドップラー 装置の設置については図-1に示す概略図のように行 った. このほか、図-1中の電子天秤はドップラー装 置による観測範囲の直下に設置した.



人工降雪実験における設置概略図

2. 3. 実際の降水量の計算

ドップラー装置の計測値から降水量を推定するにあ たり, 比較対象として電子天秤の値を実測値として 利用する. 今回使用した電子天秤は 0.1g 単位で, 断 面積 121π cm² の筒を通過した粒子が、1 分毎に記録 される. これを基に降水強度 Prmin[mm/min]を求め た.

2. 4. 観測データの処理

観測された電波強度はセンサーからの見かけの断 面積に比例している. また, ドップラー速度は波の 周波数で表されるためその波の包絡線が実際の振幅 となる. そこで、ヒルベルト変換により包絡線処理 を行い、得た振幅の絶対値を積分することにより見 かけ上の断面積の平均値を求める。ここでは AD 変換したカウント値に対して処理を行い,1 分にわたって足し合わせ,1 分あたりの計測数(5 kHz×60 sec)で除したものを降水強度インデックス Pr_{Idx} として扱う。これは粒子の大きさの2 乗に比例する量を考えられる。

3. 結果と考察

3. 1. 降水量 (実測値)

電子天秤の計測結果より得られた降水量を**図-2** と **図-3** に示す. 赤線は降雪強度を切り替えたタイミングを表す. (A は $3\rightarrow 5\rightarrow 1\rightarrow 5$, B は $1\rightarrow 3\rightarrow 5$)

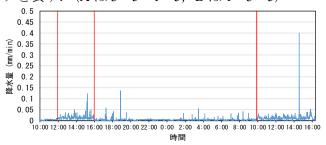


図-2 降雪Aの降水量

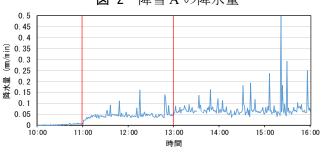


図-3 降雪Bの降水量

3. 2. 降水強度インデックス Pridx

ドップラー装置の観測結果より求められた Pr_{Idx} を 図-4 と図-5 に示す. 赤線は降雪強度を切り替えた タイミングを表す.

3. 3. 降水量--降水強度インデックス間の関係

降水量 Pr_{min} と降水強度インデックス Pr_{ldx} の関係を図-6 に示す. なお、対象としたサンプルは、作業時や強度切替後 30 分以外のものを使用した.

観測している粒子が球形で、密度が一定と仮定すると、ここで用いた Pr_{ldx} は、粒子の大きさの 2 乗に比例する量であるから、 Pr_{ldx} の 3/2 乗と体積が比例し、つまり降水量とも比例すると考えられる。よって、図中に、描画したデータ全体を 1.5 乗で回帰した曲線を描いた。ほぼこの曲線に沿った挙動を示し

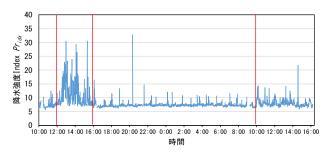


図-4 降雪 A の降水強度 Index



図-5 降雪Bの降水強度 Index

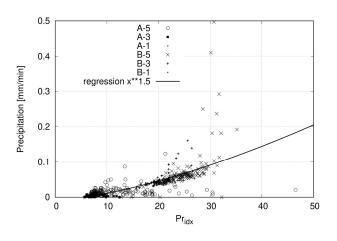


図-6 降雪Aの降水量と降水強度 Index

ているが、大きく外れたデータも存在している.実際には実験中に人工降雪の塊が落ちてくることも多かったために起きたことと考えられるが、装置の配置を考慮すれば、あまり違いがないはず、とも考えられ、さらに検討を要すると考えられる.

4. まとめ

降水量と Pr_{ldx} の間に仮定に即した具体的な相関性が見られたが、仮定に添わない部分については今後検討を要する.

参考文献

熊倉俊郎,山崎正喜,本吉弘岐,中井専人,齋藤隆幸:マイクロ波ドップラー装置を用いた降水観測,雪氷北信越41号, p.51, 2021.