

魚沼丘陵における融解層の観測

高見和弥¹・竈本倫平¹・鈴木賢士²・柴村哲也³

(1:鉄道総合技術研究所 2:山口大学大学院創成科学研究科 3:日本気象協会)

1. はじめに

気象レーダーの活用は降水の分布を把握する有効な手段である一方で、グラウンドクラッタの影響により地表面に近い低高度を観測することは難しい。降雪粒子は併合・着氷成長や融解によって高度による変化が大きいため、レーダーの観測高度から地表面までの変化を考慮しなければならない可能性がある。Matsuo and Sasyo(1981)は雪片の粒径、密度および気温減率を一定と仮定することで 0 °C 高度より下の雪片の融解を計算するモデル(以下、融解モデル)を提案している。また、融解モデルの入力値である雪片の粒径や 0 °C 高度を気象モデル(上之ら, 2015)や偏波レーダー(高見ら, 2020)を利用して与えることが検討されている。融解モデルでは融解層内での雪片の併合がないことや、気温減率を一定(6 °C km⁻¹)で仮定しており改良の余地があるが、実際に融解層内の粒子の変化を観測した研究は少ない。そこで、本研究では標高差やドローンを利用して融解層の上下および融解層内での粒子や温湿度の鉛直分布を観測し、モデルの検証データを収集した。

2. 観測

図 1 に観測地点の位置を示す。鉄道総研塩沢雪害防止実験所(図 1d, 標高 195 m)では降雪粒子の観測機器として Parsivel²(OTT 社)、G-PIMMS(Suzuki et al. 2016)を常設した。上越国際スキー場山頂(図 1b パノラマクワッドリフトエリア, 標高 723 m, 塩沢との標高差 528 m)に温湿度計等の観測機器と Parsivel²を設置した。ただし、山の稜線上にあるため風速が大きいこと、防風ネットを設置できていないことから落下速度の観測値はそのまま使用することができない。また、一部の観測事例では、シャトー塩沢スキー場内(標高 442 m, 塩沢との標高差 247 m)に一時的に温湿度計、雨量計を設置した。加えて、一部の事例では各地点に Rainscope を設置した。Rainscope は G-PIMMS と同様に降雪粒子の画像を撮影することができるが、カメラや画像の保存形式が異なりより鮮明な画像を得ることができる。

塩沢実験所から 3.4 km 離れた地点には X バンド偏波レーダー(FURUNO, WR2100)を設置し、谷筋(六日町方向)から上越国際スキー場上空までの 7 方位で RHI 観測を 1 分毎に行った。また、塩沢実験所には K バンド鉛直レーダー(METEK, Micro Rain Radar)を設置した。

一部の観測事例では塩沢雪害防止実験所よりドローン(DJI, Matrice210V2)の足に簡易温湿度計(SHTDL-3)を取り付け、温湿度の鉛直分布を観測した。ドローンは約 20 分間で地上高 350 m までを 50 m ごとにホバリングを行った。

3. 結果

塩沢実験所と上越国際スキー場で同時に降水を観測した事例の内、上越国際スキー場が気温 0 °C 未満の事例を対象に Parsivel²の観測から求めた粒径分布の中心値(D_m)の比を図 2a に示した。また、両地点の気温を図 2b に示した。図 2a より、塩沢での気温が 0 °C 以上の事例では粒子の融解に伴って気温に対して指数的に D_m の比が小さくなっている一方で、塩沢での気温が 0 °C 未満の事例と比べても D_m の比が大きい事例が気温 0 °C に近いところで多数観測されている。これは融解層の上部では融解と並行して併合が起こっていることに加え、雪片が湿ることにより併合しやすくなっている可能性が考えられる。このことから、単一雪片の融解のみの融解モデルでは表現できないことが示唆された。次に、図 2b より逆転層を除いて 2 地点の観測による気温減率はおよそ 6 °C km⁻¹ に近い値となっているが、塩沢実験所での気温が 0 ~ 2 °C の範囲ではばらつきが大きいことが確認できる。よって、融解層が地上に接するような事例では気温減率を一律の値で仮定することは雪片の融解量の推定誤差の原因となる可能性があることが分かった。

2023/3/2 の事例では、ドローンを用いて温湿度の鉛直分布(図 3a, b)を観測するとともに、上越国際スキー場とシャトースキー場に Rainscope を設置して粒子の画像を取得し、融解前(図 3c 上)と融解中(図 3c 下)の粒子の画像を取得した。この事例において、塩沢実験所では降水は全て雨滴であった。解析の詳細については当日発表する。

文献

上之和人ら. (2015): 融解過程を考慮した電線着雪・落雪モデルの開発. 電力中央研究所報告, **15001**.

Matsuo, T., Sasyo, Y. (1981): Melting of snowflakes below freezing level in the atmosphere. *JMSJ*, **59**, 10-25.

Suzuki K et al. (2016). Microphysical features of solid/melting particles by ground-based direct observations for the GPM/DPR algorithm development. *Proceedings of the 2016 IEEE GARSS*, 10-15, 2016.

高見和弥ら. (2020): 冬期の降水形態の判別を目的とした偏波レーダーを用いた 0 °C 高度推定手法. 土木学会論文集 B1 (水工学), **76**, I_205-I_210.

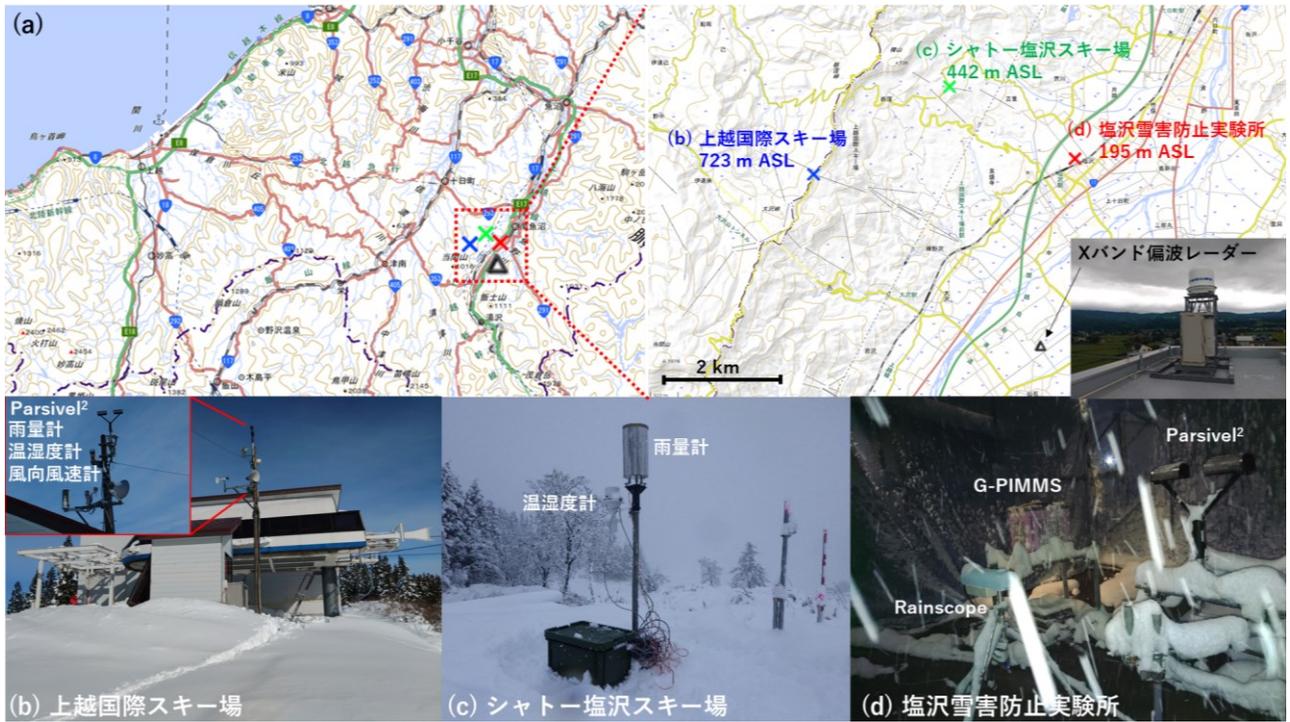


図1 (a)観測地点の位置および各観測地点の位置と(b, c, d)設置状況, 地理院地図に加筆

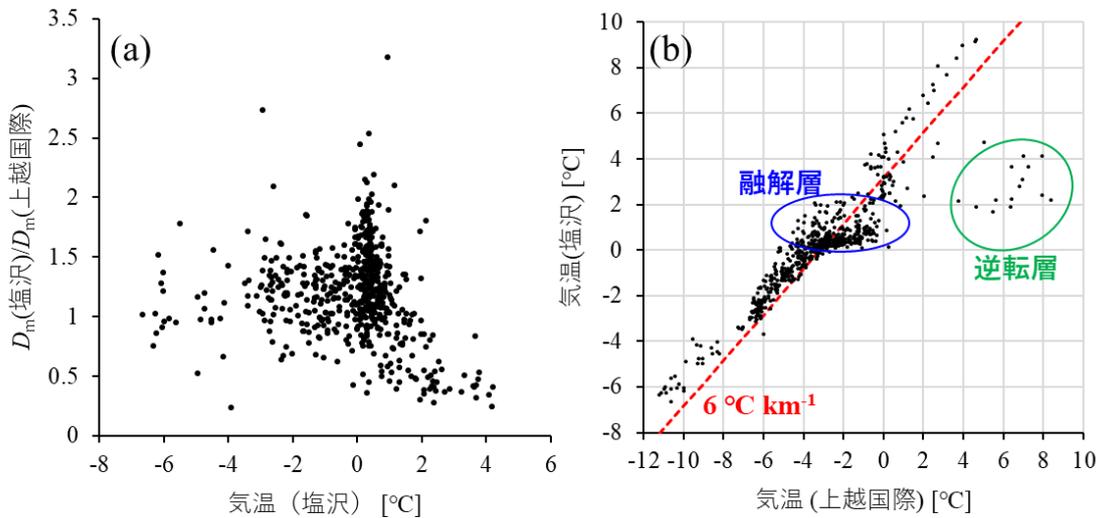


図2 塩沢雪害防止実験所と上越国際スキー場の観測における(a)塩沢の気温と2地点の D_m の比, (b)2地点の気温

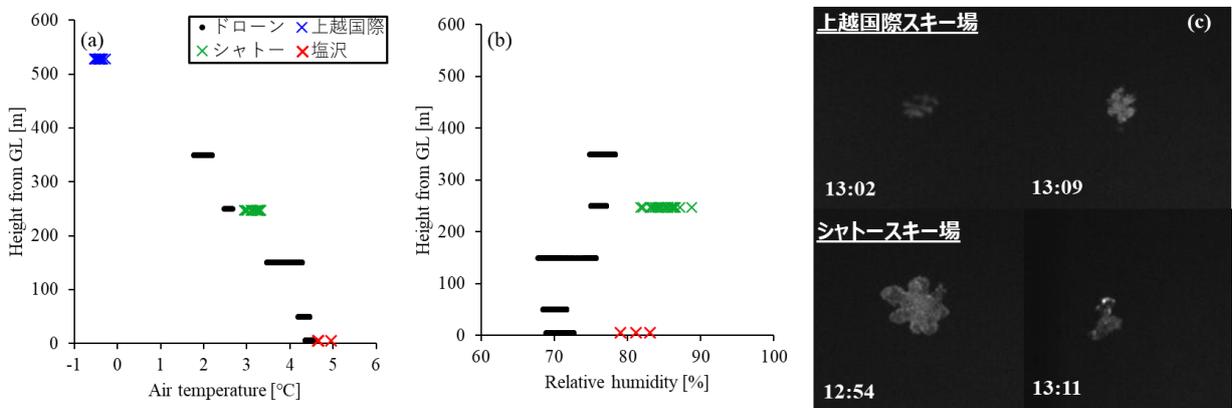


図3 2023/3/2 12:54 - 15:14, ドローン, 地上観測による(a)気温, (b)相対湿度と

(c)上越国際スキー場, シャトースキー場で観測した粒子画像の例, 画像の幅は 2 mm