

落下速度に着目した新潟県での観測による新雪密度の推定手法の検討
 A Study on the Method of Estimating the New Snow Density
 by Observation in Niigata Prefecture Focusing on the Falling Velocity

○高見和弥・竈本倫平・鈴木賢士・山口弘誠・中北英一

○Kazuya TAKAMI, Rimpei KAMAMOTO, Kenji SUZUKI, Kosei YAMAGUCHI, Eiichi NAKAKITA

A new snow density is an important parameter for estimating the amount of snow accretion under the floor of the Shinkansen. In this study, we conducted observations at two locations in Niigata Prefecture (Minami-uonuma City and Niigata City), in order to develop the method that estimate the new snow density from polarimetric parameters. First, we compared the observed data of particle size and velocity distribution and the new snow density and found that the new snow density corresponded well to the riming degree calculated from the velocity distribution of falling particles. Next, we compared the particle size and velocity distributions with the particle images, and found that the riming degree and the aspect ratio corresponded well. These results suggests that it is possible to estimate the new snow density by using polarimetric parameters that depend on the aspect ratio (Z_{DR} or K_{DP}).

1. はじめに

鉄道車両床下への着雪は、落下時に地上設備の破損や、分岐器の不転換を引き起こすことで冬期の列車運行の安定性を損なう雪害事象である。着雪による被害を低減するためには駅での雪落とし作業を行う必要があり、この作業の実施判断を効率的に行うために着雪量を精度よく推定することが求められている。床下への着雪量は走行時に線路上の雪が舞い上がる量と対応するため、新雪密度の与え方が重要となる。現状では、新雪密度は気温を用いて簡易的に推定しているが、この方法は主に融解の有無や融解の程度による密度の違いを表現するもので、融解のない乾雪の密度の違いは表現できない。本研究では粒子の形状に関連する情報が得られる偏波レーダーを利用して、新雪密度を推定する手法の検討を目的としている。

2. 観測

2020年度冬期に新潟県の南魚沼市、新潟市でそれぞれ降雪観測を実施した。各観測点には降雪粒子の粒径・落下速度を測定できる光学式ディストロメータ (OTT:Parsivel²) と、降雪粒子の画像を取得できる地上設置型降水粒子撮像・重量計測システム (G-PIMMS)¹⁾ を設置している。

南魚沼市内の観測点 (塩沢, 138.973°E, 37.656N) では、降雪粒子の観測に加えて、降雪板 (断熱材) を約 1 時間置いて板上の雪の深さ、重量を計測することで新雪密度の観測を行った。本研究では

2020/12/16 の夕方から、観測点から約 6km 離れた関越道塩沢 IC 付近で大規模な車両の滞留 (最長 15km, 約 2 日間) が発生した大雪事例 (2020/12/14 ~ 2020/12/18) を対象に、新雪密度と降雪粒子の特徴を比較した。

新潟市内の観測点 (秋葉区, 139.076°E, 37.833°N) では、降雪粒子の観測に加えて、観測点から南西に約 10km 離れた地点に設置した X バンド偏波レーダー (FURUNO:WR-2100) で観測点上空を通過する方位角での RHI 観測 (仰角 3°~177°, 回転速度 2.0rpm) を実施した。本研究では当該観測点で当該冬期の最大積雪深 105cm (2021/1/11 4:00) を記録した大雪事例 (2021/1/8~2021/1/11) を対象に、南魚沼市での観測データから検討した新雪密度に対応する降雪粒子の特徴を示すパラメータと、偏波パラメータの比較を行った。

3. 落下速度に着目した新雪密度との比較

まず、南魚沼市で観測したディストロメータの観測データから得られる降雪粒子の特徴量と新雪密度を比較した。本研究では降雪粒子の riming の程度 (f_{rim}) に着目し、降雪粒子の落下速度から f_{rim} を求めることとした。降雪粒子の密度は f_{rim} に比例するものとし、 f_{rim} は降雪粒子の落下速度 V [m/s], riming のない雪片の落下速度 V_0 [m/s] (経験的な関係式³⁾, 式(3)), 降雪粒子の粒径 D [mm] として、式(1)で計算する方法²⁾を採用した ($f_{rim} = 1$ が riming が無い降雪粒子)。

$$f_{\text{rim}}(D) = \left(\frac{V(D)}{V_0(D)} \right)^2 \quad (1)$$

$$V_0 = 0.768D^{0.142} \quad (2)$$

本研究では、式(3)のように D^3 で f_{rim} を重みづけして求めた平均値 F_{rim} を指標として、新雪密度との比較を行った (37 事例)。

$$F_{\text{rim}} = \frac{f_{\text{rim}}(D) \sum D^3 N(D)}{\sum D^3 N(D)} \quad (3)$$

図 1 に示すように、新雪の密度は F_{rim} と相関関係にあり、 F_{rim} を与えることができれば新雪の密度が推定可能であることが示唆された。

4. 偏波レーダー観測データとの比較

偏波パラメータから F_{rim} を推定する手法を検討した。まず、南魚沼市、新潟市で G-PIMMS で観測した粒子の画像 (10 分間, 25 事例) から、 D^3 で重みづけ平均した粒子の形状のアスペクト比を求め F_{rim} と比較したところ、アスペクト比と F_{rim} は相関関係にあることが確認できた (図 2)。このことから、粒子のアスペクト比に依存する偏波パラ

メータ (K_{OP} , Z_{DR}) を利用することで、 F_{rim} が推定できる可能性が示唆された。図 3 には例として 2021/11/1 0:00–6:00 における、新潟市内観測点に設置したディストロメータの観測値から求めた 10 分毎の F_{rim} の時間変化と、観測点直上の K_{DP} の時間・高度断面を示している。偏波パラメータと F_{rim} の比較、およびそれを用いた新雪密度の推定手法の検討について当日発表する。

※利用した観測データは鉄道総研・山口大学・日本気象協会の共同研究で取得したものである。

・参考文献

- 1) Suzuki, K. et al., 2016 IEEE IGARSS, 3941-3944.
- 2) Bukovocic', P. et al., 2018: Polarimetric radar relations for quantification of snow based on disdrometer data. J. Appl. Meteor. Climatol., 57, 103–120.
- 3) Brandes, E. A. et al, 2007: A statistical and physical description of hydrometeor distributions in Colorado snowstorms using a video disdrometer. J. Appl. Meteor. Climatol., 46, 634–650.

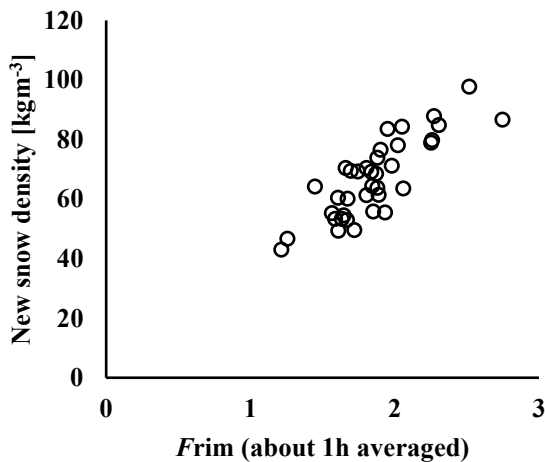


図 1 新雪密度と降雪板設置時間内 (約 1 時間) に降った降雪粒子の平均的な riming の程度

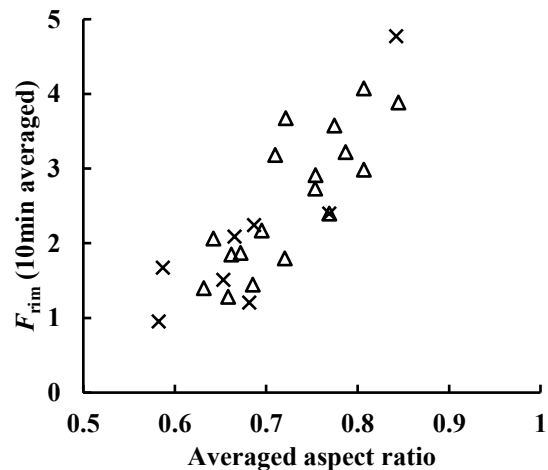
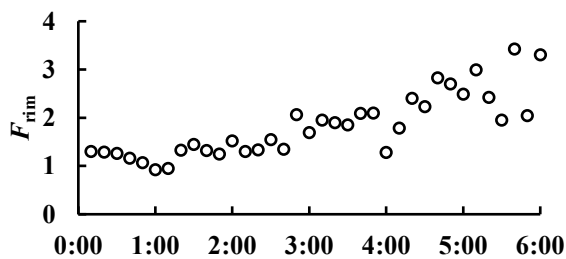
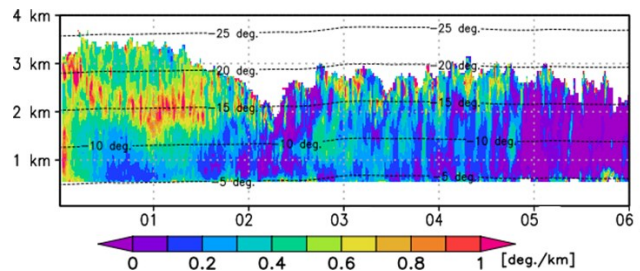


図 2 10 分間に計測した粒子の平均アスペクト比と平均的な riming の程度

× : 南魚沼市, Δ : 新潟市で観測



(a) F_{rim}



(b) K_{DP} [deg./km]

図 3 2021/1/11 0:00–6:00 新潟市内の観測, (a) F_{rim} の時間変化 (10 分毎)

(b) 地上観測点上空の K_{DP} の時間・高度断面, 等高線は気温 (気温減率 6.5°C/km を仮定)。