

新雪密度の推定を目的とした偏波レーダー観測
Polarimetric Radar Observation for Estimating Newly Fallen Snow Density

○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

Newly fallen snow density ρ is an important parameter for estimating the amount of snow accretion under the floor of the Shinkansen. We conducted observations at Niigata City, in order to develop the estimation method of ρ from polarimetric parameters. Previous studies have shown that ρ corresponds well with the average riming degree F_{rim} calculated from size and fall speed distributions of snow particles. First, we compared the averaged aspect ratio of snow particles from particles images with F_{rim} and found that they corresponded well. Therefore, we compare F_{rim} with the specific differential phase K_{DP} . However, there has no correlation. We considered that the reason is that K_{DP} is affected not only particles shape but also the size distribution. When the ratio of K_{DP} to reflectivity factor Z_h was taken, it was confirmed that the ratio tended to decrease with an increase in F_{rim} .

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ある。このため、粒子の種別や重さ、粒径などは考慮できず、乾雪の密度の違いは表現できない。そこで、本研究では粒子の形状や粒径分布に対応する観測データが得られる偏波レーダーを利用して、乾雪密度を推定する手法を検討することを目的とする。

2. 観測

2021年1月に新潟市秋葉区(139.076°E, 37.833°N)で地上降雪観測を実施した。地上観測点では、湿度、風速、積雪深などの気象要素に加え、光学式ディストロメータ(OTT社:Parsivel²)で降雪粒子の粒径・落下速度分布を、地上設置型降水粒子撮像・重量計測システム(G-PIMMS)²)で粒子の画像を観測した。地上観測点から約10 km離れた地点に、Xバンド偏波レーダー(FURUNO:WR-2100)を設置し、地上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。

2021年1月は日本海側で大雪となり、地上観測点では1月1~3日, 1月8~11日, 1月17~19日の3波のまとまった降雪が観測された(図1)。特に、第2波の降雪では最大積雪深104 cm(2021/1/11 4:00)を記録し、最も近いアメダス観測点(新津)では観測開始以来第2位の積雪深を記録する大雪であった。本研究では図1に太線で示す、気温0°C未満で連続して積雪深の増加が観測された5つの時間帯を対象とする。

3. 新雪密度の推定に用いる指標の検討

新雪密度は雪板を用いて人力で観測する必要があることから、高時間分解能での長時間の連続的な観測が難しい。そこで、Takami et al. (2022)³)では、雪粒子の落下速度から求める着氷度合い⁴)について、降水量への寄与率で重みづけ平均した指標 F_{rim} を求め、式(1)の新雪密度 ρ [kg m⁻³]との経験的な関係を調べた。

$$\rho = 42.3 \ln F_{rim} + 53.2 \quad (1)$$

本研究ではこの F_{rim} を新雪密度に対応する指標として、偏波レーダーの観測値との比較を行う。一方で、偏波レーダーの観測では落下速度を直接求めることは難しいため、直接 F_{rim} を計算することはできない。そこで、粒子の画像から求めた粒径で重みづけした縦横比の平均値と F_{rim} の関係を調べたところ、 F_{rim} が大きくなるほど粒子の形状が球に近づき、縦横比が1に近い値をとることが

分かった (図 2a).

次に、粒子の形状によって値が変化する偏波パラメータとして、位相差変化率 K_{DP} に着目した。RHI 観測から高度ごとに偏波パラメータの時間平均し、 -15°C 高度での平均値と F_{rim} との関係を調べた (図 2b) が、明瞭な関係性はみられなかった。これは K_{DP} は粒子の形状だけでなく、粒径や数密度によっても値が変わることが原因と考えられる。そこで、同高度におけるレーダー反射因子 Z_h [$\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$]の時間平均値との比を取ったところ、 F_{rim} が大きくなるほど K_{DP} と Z_h の比は小さな値をとることが分かった (図 2c)。考察については当日発表する。

※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) KAMATA, Yasushi; SHISHIDO, Masaya; SATO, Ryota. Method for Estimating Snow Accretion on

Shinkansen Bogies using Weather Data. Quarterly Report of RTRI, 2021, 62.4: 245-250.

2) SUZUKI, Kenji, et al. Microphysical features of solid/melting particles by ground-based direct observations for the GPM/DPR algorithm development. In: 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). IEEE, 2016. p. 3941-3944.

3) TAKAMI, Kazuya, et al. Relationship between newly fallen snow density and degree of riming estimated by particles' fall speed in Niigata Prefecture, Japan. Hydrological Research Letters, 2022, 16.4: 87-92.

4) BUKOVČIĆ, Petar, et al. Polarimetric radar relations for quantification of snow based on disdrometer data. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2018, 57.1: 103-120.

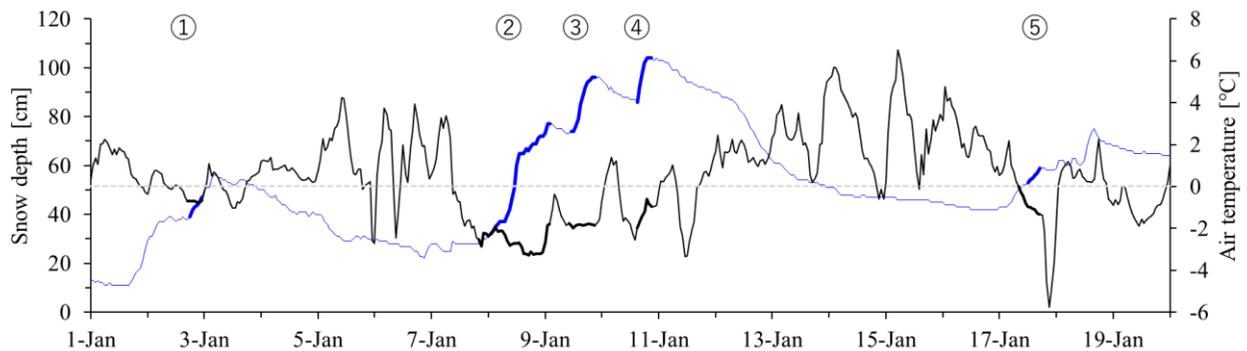


図 1 2021 年 1 月における観測地点での積雪深 (青線) と気温 (黒線)
気温 0°C 未満での積雪深の増加が連続的に観測された対象 5 事例 (太線部)

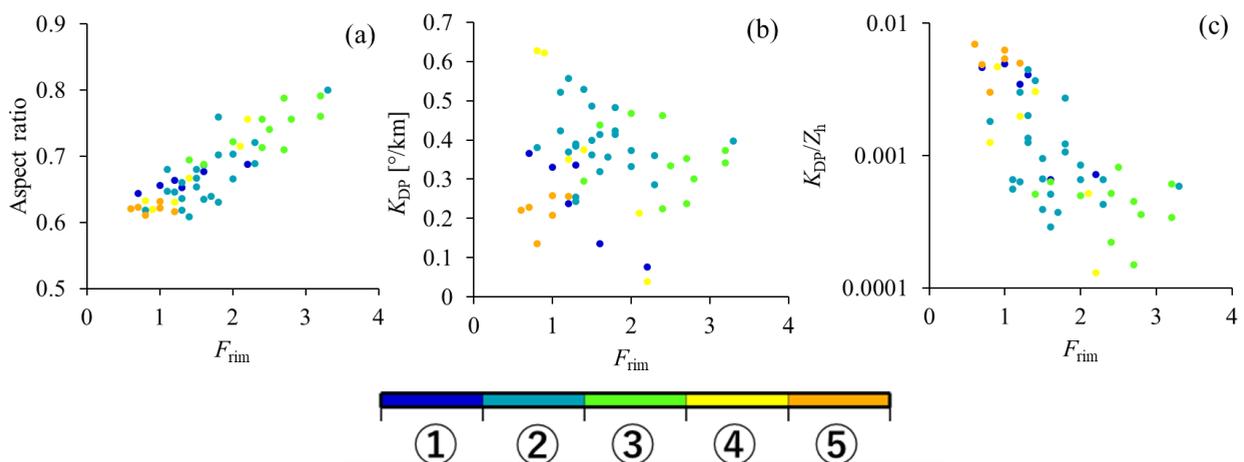


図 2 1 時間ごとの平均的な着氷度合い F_{rim} と、(a) 粒径で重みづけした粒子の縦横比、気温 -15°C の高度における (b) K_{DP} の平均値及び (c) K_{DP} の平均値と Z_H の平均値の比。色で図 1 に示した事例を区別している。