

偏波レーダーを用いた降雪の含水率の推定
Estimation of Snowfall Liquid Water Content Using Polarimetric Radar

○高見和弥・鈴木賢士・山口弘誠・中北英一

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

We investigated the method of using X-band polarimetric radar as the initial value of snowflakes melting model (Matsuo & Sassy, 1981) for estimating Liquid Water Content (LWC) of snowfall. It was confirmed that the lapse rate below freezing level has a large effect on the calculation result of LWC. And we also confirmed that the lapse rate calculated from micro rain radar observation and ground surface temperature is about 6 deg./km on average, but the variation increases as the freezing level becomes close to the ground. Using the snowfall observations, micro rain radar observation and RHI observation using X-band MP radar at Niigata city in the winter of 2019, we examined how to give more appropriate initial values of snowflakes melting model.

1. 背景と目的

日本の国土の約半分は豪雪地帯に指定されており、鉄道の運行においても毎年種々の雪害による障害が発生している。雪害による運行障害を軽減するため、着雪ハザードの推定手法の開発が行われているが、その精度向上のためには計算の初期条件となる降水の雨雪及び降雪の乾湿の判別が重要となる。雨雪を判別する方法として、降水粒子の温度に近い湿球温度を用いる方法がよいとされているが、実用上は観測点の多い気温の閾値を設定して雨雪を判別することが多い。しかしながら、地上での降水の形態には粒子が落下する過程での熱収支が影響するため、地上気温だけを用いた雨雪の判別精度はそれほど高くない。上空での熱収支を考慮して地上での降水の形態を判別する手法としては、松尾・佐粧 (1981) ¹⁾により単一雪片の融解過程に関する計算モデルが提案されている。このモデルでは 0°C 高度およびその上空での雪片の粒径を初期値とするため、0°C 高度の与え方が重要となる。高見ら (2020) ²⁾では国土交通省の XMP レーダーの観測データを利用して 0°C 高度を推定する手法を開発し、推定した 0°C 高度及び、0°C 高度上空でのレーダー反射因子から推定した粒径分布の中央値を初期値として、単一粒径の雪片の地上での含水率の推定を試みた。結果、定性的に地上観測で得られた降水のタイプの変化を表現することができたが、以下の点で課題があった。

① 雪片の粒径の初期値に粒径分布の中央値のみを代表値として与えているため、降水全体で

の含水率は推定できていない。

② 0°C 高度以下の気温減率を 6°C/km で与えているが、観測された地上気温との乖離がある。本研究では上記の 2 点について検討を行った結果について報告する。

2. 粒径分布を与えた雪片の融解モデル

降水全体の含水率を計算しているものとして、上之 (2017) ³⁾による電線着雪の推定を目的としたモデルがある。このモデルでは地上の降水量から仮定した粒径分布を初期値として、雪片の融解モデルの計算を行い地上での含水率を求めることで電線への着雪に関する推定を行っている。本研究では面的な評価を目指すために、地上での降水量ではなく推定した 0°C 高度上空でのレーダー反射因子から粒径分布を推定して初期値とすることを検討した。粒径分布 $N(D)$ 及びそのパラメータ N_0 , Λ については以下の式 ⁴⁾から与えた。

$$N(D) = N_0 \exp(\Lambda D)$$

$$N_0 = 2.5 \times 10^3 R^{-0.94} [m^{-3} mm^{-1}]$$

$$\Lambda = 2.29 \times R^{-0.45} [mm^{-1}]$$

$$Z = 1780 R^{2.21} [mm^6 m^{-3}]$$

高見ら (2020) ²⁾で計算を行った 2019/1/1 21:00 – 2019/1/2 2:00 (新潟大学農場, 37°51'22"N, 138°57'37"E) の雨から雪に変わった事例を対象として、XMP 京ヶ瀬レーダーの観測データを用いて比較を行った。粒径分布の中央値のみを代表値として与えて計算した単一雪片の地上での含水率と、粒径分布を導入して計算した降水全体の含水率を図 1 に示す。本事例については中央値のみを

初期値とした計算結果と、粒径分布を導入した計算結果に大きな違いは見られなかった。

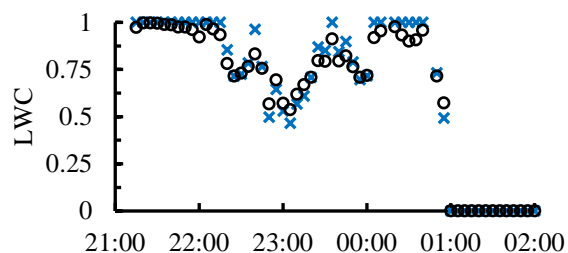


図 1 初期値の粒径分布の代表値を用いた単一雪片の含水率の計算結果²⁾ (×)と、粒径分布を導入した計算結果 (○)

3. 気温減率に関する検討

高見ら (2020)²⁾では0°C高度以下の気温減率を6°C/kmで一定として与えていたが、図2に示すように当該箇所で観測した気温とXMP京ヶ瀬レーダーの観測データから推定した0°C高度を用いて計算した気温減率は、この事例では6°C以下で変動している。

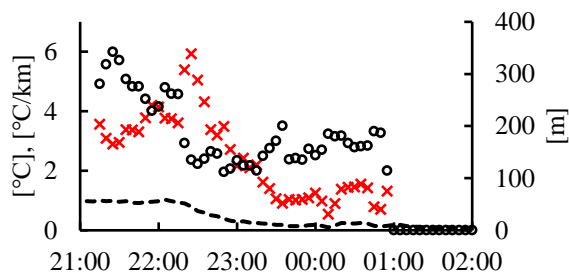


図 2 2019/1/1 21:00 - 1/2 2:00
気温 [°C] (破線), 推定0°C高度 [m] (○)
から求めた気温減率 [°C/km] (×)

そこで、図2の気温減率を与えて雪片の融解モデルの計算を行ったところ、6°C/kmで一定とした計算結果に対して含水率の値が大きく異なる結果となった(図3)。

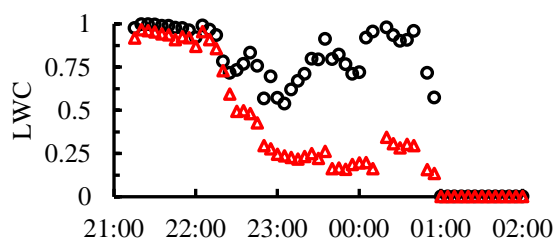


図 3 気温減率を6°C/kmとした含水率の計算結果 (○)と、地上気温から気温減率を設定した計算結果 (Δ)

4. 融解モデルの初期値の設定に関する検討

2019/12/1~2020/2/29に新潟市内(37°50'00"N 139°04'36"E)で実施した地上降雪観測、マイクロレーンレーダー及び小型XバンドMPレーダー(RHI)の観測データを用いて、融解モデルの適切な初期値の与え方について検討を行った。地上気温0°C以上で降水が観測された事例について、マイクロレーンレーダーを用いて推定した0°C高度と地上気温から気温減率を計算したところ、平均的には6°C/km程度となるものの、特に0°C高度が500m以下の範囲で気温減率がばらついていることが確認できた。よって融解モデルの計算精度の向上のためには適切な気温減率の与え方を検討する必要があることが分かった。

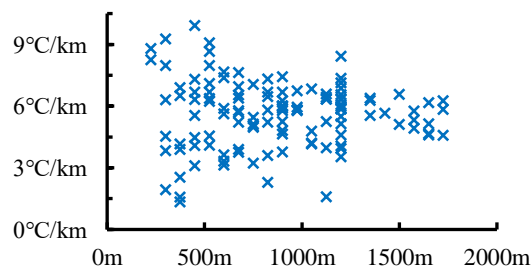


図 4 マイクロレーンレーダーの観測データから推定した0°C高度[m]と気温減率[°C/km]

※利用したXRAINデータは、国土交通省より提供されたものである。この利用したデータセットは、国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」:データ統合・解析システム(DIAS)の枠組みの下で収集・提供されたものである。

・参考文献

- 1) T. Matsuo and Y. Sasyo: Melting of snowflakes below freezing level in the atmosphere, J. Meteor. Soc. Japan 59, pp.10-25, 1981.
- 2) 高見 和弥, 鈴木 賢士, 山口 弘誠, 中北 英一 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) Vol.76, No.2, pp205-210, 2020
- 3) 上之和人: 降雪片含水率の数値評価法の開発と電線着雪シミュレーション解析コードSNOVALへの導入, 電力中央研究所報告, N17004, 29pp, 2017.
- 4) R. S. Sekhon and R. C. Srivastava: Snow size spectra and radar reflectivity, J. Atmos. Sci., 27, pp.299-307, 1970.