

## マイクロレインレーダー (MRR) を用いた降雪強度測定

藤吉康志 (北大名誉教授)・越田智喜 (いであ (株))・  
民田晴也 (名大宇宙地球環境研)

### 1. はじめに

レーダーで降雪量を定量的に測定するためには、いわゆる  $Ze-SR$ (Snowfall Rate)関係を作成する必要がある。気象レーダーでは高度数 100m よりも上空の値しか使えず、測定体積も数 100m~数 km 立方と大きく、何れも、地上に固定した数 100cm<sup>2</sup> 程度のサンプリング面積しかない降雪雨量計との直接比較を困難にしている。さらに、降雪雨量計は、風速による捕捉率自体が大きな誤差要因である。そこで、本研究では、気象レーダーと地上降雪雨量計の間の上記のギャップを埋めるための装置として、MRR



図1 マイクロレインレーダーの外観

(METEK 社製) (図1) の利用可能性を検討した。

MRR は、Ku バンドの FM-CW レーダーで、鉛直真上のレーダー反射因子  $Z$  と鉛直ドップラー速度  $w$  及びドップラーспекトルを一定高度間隔で測定できる。GPM 衛星では MRR と同じ Ku 帯と Ka 帯の 2 台のレーダーで全球降水観測を実施していることから、MRR を降雪観測に用いる理論的研究はあるが、レーダーと地上の降雪観測とを直接比較した研究は少なく、信頼性のある結果は未だ得られていない。従って、本研究によって GPM の降雪測定精度の向上も期待できる。

### 2. データセット

我々は、2DVD を中心とした降雪観測を北大低温研の中庭で 2003 年から継続中である。本研究では名古屋大学所有の MRR との同時観測を実施した 2015 年 12 月~2018 年 2 月までの 3 冬間のデータの中から、以下の 2 条件を満たした 34 事例を先ず選んだ。

- 1) 湿球温度が 0°C 以下であること。
- 2) 風速が 2m/s 以下であること。

分解能 0.001 mm/hr で降雪強度を測定できる電子天秤は低温研の中庭にあり、かつ横幅 2.5m、高さ 3m のシェルター内に設置されているとは言い、風による影響が無視できない。そこで、低温研の屋上での風速が 2m/s 以下の事例を選んだ。

さらに、MRR のパラボナアンテナ (直径 60 cm) は鉛直真上に固定されているため、アンテナ面に積もった雪によって電波減衰を起こす。そこで、34 事例の中からさらに次の条件を満たす 17 事例を選んで解析を行った。なお、地上の積雪はレーザー式積雪深計で測定している。

- 3) 地上積雪が 1 cm 積もるまでの時間帯のみのデータを使用。

MRR のデータについては、Maahn and Kollias(2012)が提案した降雪用のアルゴリズムを適用して  $Ze$  と  $w$  を再計算した。再計算で得られた鉛直ドップラー速度と、2 次元ビデオディストロメーター(2DVD)で測定した降雪粒子の落下速度とは極めて良い一致を示した。

### 3. 解析結果

#### 3.1 雪片の $Ze-SR$ 関係の作成

これまでの研究から、少なくとも霰と雪片では  $Z_e$ -SR が大きく異なることが知られている。MRR はマルチパラメーターレーダーでは無いので、雪片と霰を判別するのに偏波パラメーターが使えない。しかし、雪片の落下速度は雲粒付きの程度によらずほぼ  $1.5 \text{ m/s}$  以下である。そこで、17 事例のうち雪片が卓越した 15 事例に対して、MRR の鉛直ドップラー速度  $w < 1.5 \text{ m/s}$  のデータのみを使って雪片の  $Z_e$ -SR 関係を作成した (図 2 黒丸)。

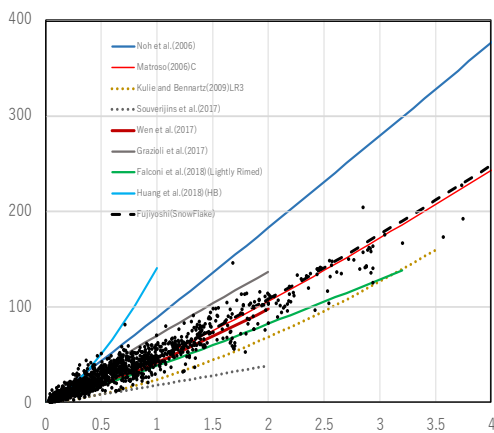


図 2 雪片の  $Z_e$ -SR 関係

図 2 に示した、他の研究者が作成した  $Z_e$ -SR 関係と比較すると、我々の観測結果は Matrosov (2007) の理論式 (赤実線) にほぼ一致する。そこで、 $Z_e = B * SR^\beta$  の冪数  $\beta$  を Matrosov (2007) と同じく 1.20 で固定した。B の値は、実測した SR と  $Z_e$  から計算した  $SR(Z_e)$  とを直線近似した時の傾きが 1.0 となるように決めた。

$$Z_e = 47SR^{1.20} \quad (\text{図 2 黒破線})$$

図 3 は、雪片事例に対して、 $SR(Z_e)$  と実測した SR の時系列変化を示したものである。当然ではあるが、両者は極めて

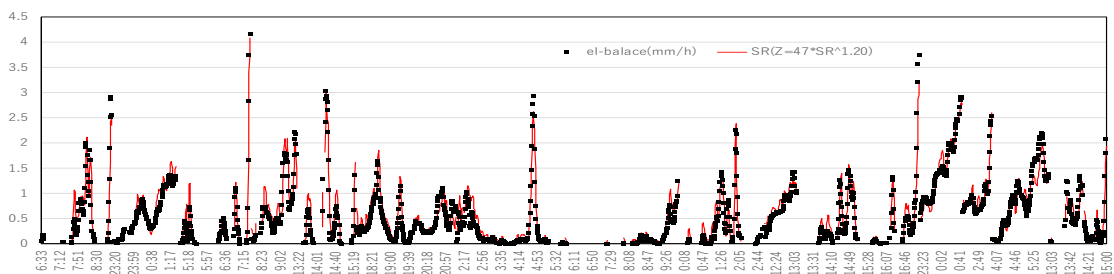


図 3 雪片事例：実測 (黒点) と  $Z_e$ -SR で計算した降雪強度の時間変化

良い一致を示している。

### 3.2 霰の $Z_e$ -SR 関係の作成

霰は対流性の雪雲からもたらされるため、一般に地上風速が大きい。実際、条件 (2) を満たす 17 事例のうち地上目視と 2DVD データから明らかに霰が卓越したのは 2 事例のみであった。このデータを使って霰の  $Z_e$ -SR 関係をプロットしたのが図 3 である。冪数  $\beta$  を雪片と同じく 1.20 で固定し、B の値は雪片と同様な手法で決めた。

$$Z_e = 92.3SR^{1.20}$$

図 4 には比較のために雪片のデータも示してある (赤丸)。雪片は落下速度が遅いため、雪片が卓越粒子の場合、1 分間降雪強度はほとんどが  $5 \text{ mm/hr}$  以下であるので、 $Z_e = 350$  ( $10\log Z_e = 25 \text{ dBZ}$ ) 以上は霰と考えて良い。

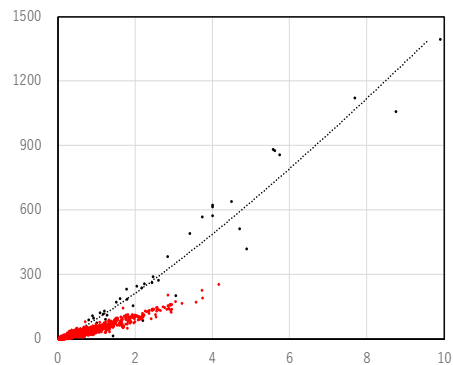


図 4 霰の  $Z_e$ -SR 関係

謝辞：本研究の一部は、JAXA との共同研究 (PI 番号 201) (代表中村健治) と北大・低温研共同研究 (15-43、16-40、17-37、18G051) の支援を受けた。