

## 光学式反射型固体降水種別判別・降水強度計の物理量推定手法の改良について

小柳颯輝<sup>1</sup>・熊倉俊郎<sup>1</sup>・瓜生大地<sup>1</sup>・山崎正喜<sup>2</sup>・中井専人<sup>3</sup>・安達聖<sup>3</sup>・鈴木紘一<sup>3</sup>・斎藤隆幸<sup>4</sup>・山倉祐也<sup>4</sup>

(1:長岡技術科学大学 2:工房雪測 3:防災科学技術研究所雪氷防災研究センター 4:(株)スノーテック新潟)

### 1. 背景

現在、主流となっている降雪観測機器は高価であるため、多観測地点を実現することは難しい現状にある。そこで、多観測地点を実現するための安価な降水種別・降水量観測機器として、熊倉ら(2018)が光学式反射型固体降水種別判別・降水強度計(PDS)を提案した<sup>1)</sup>。本発表では、このPDSの実用化に向けて、人工降雪実験装置を用いた室内実験において短時間間隔の降水量の推定を行った際の解析結果から、PDSの物理量推定手法の改良を行う。

### 2. 観測機器と室内実験

#### 2.1. PDS<sup>1)</sup>

PDS(図-1)は水平に並んだ近赤外線発行素子と受光素子を備えており、照射領域を通過する降水粒子の反射光強度を5kHzでサンプリングし、降水粒子の反射強度継続時間と、近赤外線照射域における最大電圧を求める。この観測値と、常に保持している平均値との差を変化率として、平均値を修正し、降水粒子の実際の直径、落下速度と比例すると考えられる疑似直径 $\hat{D}$  [A.U.]や疑似落下速度 $\hat{W}$  [A.U.]、任意の時間内に観測される粒子の個数 $\hat{N}$ が推定される。ここで、終端速度を層流と仮定した場合の降水量 $\hat{P}_r$  [mm/min]は、式(1)のように推定される<sup>1)</sup>。



図-1 PDS

$$\hat{P}_r = K_{pr} \hat{N} \hat{D} \hat{W} \quad (1)$$

ここで、 $K_{pr}$ は経験的に求める適当な定数である。

#### 2.2. LPM

本研究では、光学レーザー方式によって個々の降水粒子の粒径 $D$ や落下速度 $W$ を連続測定できるLaser Precipitation Monitor(以下LPMとする)を併用し、 $D$  [mm]と落下速度 $W$  [m/sec]を得た。

#### 2.3. 室内実験<sup>2)</sup>

前述したPDSとLPMに加えて、0.1g単位まで計測が可能な電子天秤を人工降雪実験装置下部に設置し、一般的な降雪に近いような結晶型(降雪A)とあられに近い雪片(降雪B)の2種類のパターンの降雪を降らせ、観測実験を行った。

### 3. 解析結果

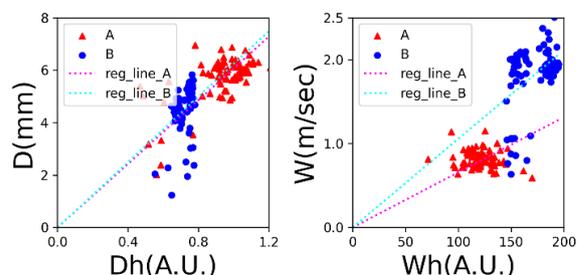


図-2 降雪A、Bにおける $\hat{D} - D$ 、 $\hat{W} - W$ 関係

$\hat{D} - D$ と $\hat{W} - W$ の散布図を図-2に示した。図-2の $\hat{D} - D$ 関係からは、降雪AとBの回帰直線の傾きはおおよそ一致したが、 $\hat{W} - W$ 関係では、降雪AとBの回帰直線の傾きは一致しなかった。

また、降雪Aにおいて、 $\hat{P}_r$ と電子天秤から推定される降水量 $P_r$  [mm/min]の波形は一致しており、 $\hat{P}_r - P_r$ 関係の回帰直線の傾きにおいて1.05を示した。降雪Aにおける $\hat{P}_r$ は5%ほど $P_r$ を過大評価したものの、 $P_r$ はほぼ同じ挙動を示した。降雪Bの $\hat{P}_r - P_r$ 関係における回帰直線の傾きは0.48となり、降雪Bでは $P_r$ のおよそ2倍の $\hat{P}_r$ が推定されている。式(1)によると、 $\hat{P}_r$ は、 $K_{pr} \hat{N} \hat{D} \hat{W}$ によって決定される<sup>1)</sup>。 $\hat{P}_r$ を過大評価してしまった要因として $\hat{W}$ の誤評価や、あられに近い降雪Bにおいては $K_{pr}$ が適当でなかった可能性が考えられる。

### 4. 物理量推定手法の改良

前述したように、 $\hat{P}_r$ を過大評価してしまった要因として $\hat{W}$ の過大評価と、降雪Bにおいては $K_{pr}$ が不適当だったことが考えられる。 $\hat{W}$ の過大評価に着目してアルゴリズムの検討を行う。PDSは照射領域において代表される落下距離 $h$  [A.U.]をどの距離においても一定と考えて物理量を推定している。実際には落下速度は粒子の大きさによって変化しており、粒子の大きさに依存して $h$ が変化する。この特性により、粒子の大きさによっては、 $\hat{W}$ を適切に評価できない可能性が考えられる。そこで、粒子の大きさによって $h$ を変化させることで $\hat{W}$ の評価精度の向上を試みた。

#### 文献等

- 1) 熊倉, 他: 光学反射を利用した個体降水測定機器の開発と出力の物理量化について, 雪氷研究大会, 2018
- 2) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター新庄支所 雪氷環境実験所, 2022年8月