

新潟大学災害・復興科学研究所  
共同研究報告書

超高速ビデオカメラ式雨量計の開発が拓く降雪密度の高精度推定手法

研究代表者氏名 勝山 祐太<sup>1)</sup>  
研究分担者氏名 新屋 啓文<sup>2)</sup>  
竹内 由香里<sup>1)</sup>  
勝島 隆史<sup>1)</sup>  
稲津 將<sup>3)</sup>

1) (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所 2) 新潟大学災害・復興科学研究所  
3) 北海道大学大学院理学研究院

研究要旨

積雪深と降水量の自動観測によって降雪密度を推定することができるが、一般に普及している気象観測装置では降雪密度推定に求められる精度で観測することが難しい。そこで、超高速ビデオカメラによって落下中の降水粒子を撮影し、その粒径、落下軌跡、移動速度を計測することで精度よく降水量を自動観測するビデオカメラ式雨量計を試作した。ビデオカメラ式雨量計の観測精度を検証するために、一般に普及している 0.5mm カウントの転倒マス雨量計との同時観測を新潟県十日町市において 2025 年 1 月から 3 月に行った。また、電子天秤を用いた降水量の実測値を合計 36 回計測し、実測値との比較の結果、ビデオカメラ式雨量計によって観測された降水量は実測値とよく一致しており、0.5mm カウントの転倒マス雨量計よりもわずかに精度が良かった。

A. 研究目的

大雪時に安全かつ効果的に避難を行うためには、時々刻々と変化する降積雪状況をリアルタイムに把握し、状況に応じた除雪体制の構築や避難経路の選択が必要となる。この時、降雪密度に関する観測データが必要となる。これを一般に普及している気象観測機器を用いて行う場合は、積雪深と降水量を同時に観測し、積雪沈降の効果を補正することで降雪密度を推定することができる。しかし、一般的に使われる積雪深計や降水量計では降雪密度推定に求められる十分な精度を得られないことが多く、自動計測によって降雪密度を得ることは難しい。

令和5年度共同研究では、地上設置型の Lidar を用いて広範囲の積雪深を観測することで積雪深観測の精度を向上させた。これと一般的な降水量計を使った観測を同時に行うことで、降雪密度の推定精度を向上できることを確認した。本年度の共同研究では、超高速ビデオカメラを使った

降水量計を試作し、降水量観測の精度向上によって降雪密度推定精度の向上を目指す。

B. 研究方法

直径約 100mm、長さ約 40cm の塩化ビニル管の一端に超高速ビデオカメラを、もう一端に黒いスクリーンを備えたビデオカメラ式の降水量計を試作した (図 1)。黒いスクリーンと塩化ビニル管の端との間には約 100mm の隙間があり、この隙間を通過する降水粒子をビデオカメラで撮影することで、降水粒子の粒径、落下軌跡、移動速度を画像解析によって計測した。そして、Ishizaka et al. (2013) の方法に従って降水粒子の落下速度と粒径から粒子質量を推定することで降水量を求めた。この時、降水粒子の落下速度が終端速度になっている必要があるが、ビデオカメラ式雨量計周辺で鉛直風が全くないとはいえず、計測される落下速度が終端速度となっている保証がない。そこで、小さい降水粒子は気流と一緒に移動してい



図 1 試作した降水量計。

ると仮定して落下速度の補正を行った。具体的には、粒径  $0.15\sim 0.25\text{mm}$  の粒子の鉛直速度からあられの終端速度  $v_{\text{term}} = 1.1d^{0.66}$  (m/s) (Locatelli and Hobbs, 1974) を引いた値を  $1/4$  秒毎に計算し、これを雨量計付近における鉛直風とする。ここで  $d$  は降水粒子の粒径 (mm) を表す。そして、各降水粒子の落下速度から鉛直風を差し引くことで終端速度に補正した。また、比較のために、 $0.5\text{mm}$  カウントの助炭付き溢水式転倒マス雨量計による観測も同時に行った。降水量の実測値は、約 1 時間毎に断熱材の板に積もった雪を  $20\times 20\text{cm}$  四方に切り出し、その重さを電子天秤で計測することで得た (図 2)。これら計測を森林総合研究所十日町試験地 (新潟県十日町市) で 2025 年 1 月から 3 月までの気温  $0^\circ\text{C}$  以下となった時に実施した。

### C. 研究結果

観測期間において、降水量の実測値を合計 36 回 (計 36 時間分) 観測することができた。得られた降水量は  $0.32\text{mm}$  から  $5.33\text{mm}$  の範囲であり、

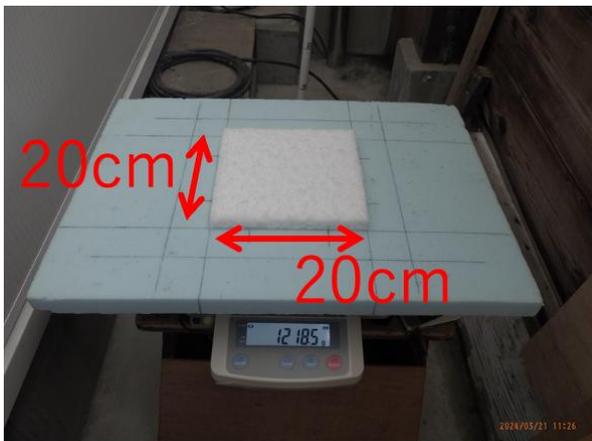


図 1 降雪密度の直接観測の様子。

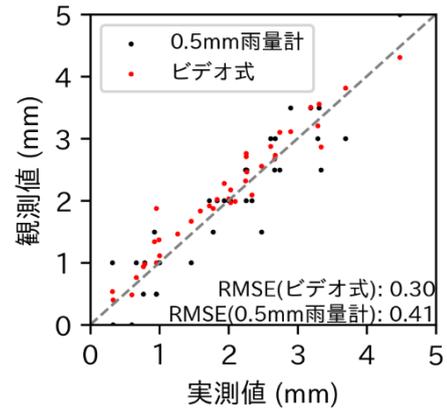


図 3 実測の降水量と  $0.5\text{mm}$  カウントの雨量計による降水量 (黒点)、および、実測の降水量とビデオカメラ式雨量計による降水量 (赤点) の散布図。二乗平均平方根誤差 (RMSE) を図右下に記載した。

$9:00\sim 18:00$  の間のほぼ毎正時に観測することができた。これら実測値と対応する時刻におけるビデオカメラ式雨量計による降水量は実測値とよく一致しており、二乗平均平方根誤差 (RMSE) は  $0.30\text{mm}$  だった (図 3)。一般に普及している  $0.5\text{mm}$  カウントの雨量計による降水量も実測値とよく一致していたが、RMSE は  $0.41\text{mm}$  とビデオカメラ式雨量計の場合よりもわずかに悪い精度だった。

### D. 考察

本研究では、超高速ビデオカメラを使った降水量計を試作し、一般に普及している  $0.5\text{mm}$  カウントの転倒マス雨量計よりも測定精度が向上するかどうかを検討した。RMSE による比較ではビデオカメラ式の雨量計のほうがやや精度が良いことが示された。これは、ビデオカメラ式雨量計は個々の降水粒子の質量から降水量を計測するため、分解能が非常に高いことが主に起因していると考えられる。強風下において転倒マス雨量計の観測精度が大きく低下することが知られており、強風下においても精度よく降水量を観測できるかどうかが重要となるが、本研究では強風下における観測データを得ることができなかった。

### E. 結論

超高速ビデオカメラによって落下中の降水粒子を撮影し、その粒径、落下軌跡、移動速度を

計測することで降水量を観測するビデオカメラ式雨量計を試作した。森林総合研究所十日町試験地で 2024/2025 年冬季に行った合計 36 回 (計 36 時間分) の電子天秤を用いた実測値との比較の結果、ビデオカメラ式雨量計によって観測された降水量は実測値とよく一致しており、0.5mm カウンターの転倒マス雨量計よりもわずかに精度がよかった。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

勝山祐太, 新屋啓文, 竹内由香里, 勝島隆史 (2024) : 地上設置型の Lidar を使った降雪密度推定, 2024 年度 (公社) 日本雪氷学会北信越支部研究発表会・製品発表検討会, 2024 年 6 月, 福井  
勝山祐太, 新屋啓文, 竹内由香里, 勝島隆史 (2024) : 安価な地上設置型の Lidar を使った降雪密度推定, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡

## G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし