

新潟大学災害・復興科学研究所  
共同研究報告書

高精度深度カメラによる降雪密度の高精度推定

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>

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

研究要旨

本研究では、mm 精度で積雪深を計測できる深度カメラと cm 精度で積雪深を計測できる Lidar と超音波積雪深計を使った積雪深観測と小型二重柵基準雨量計による高精度な降水量の同時観測により、1 時間毎の降雪密度を推定した。観測期間は 2025 年 12 月 17 日から翌年 2 月 28 日までとし、新潟県十日町市で実施した。実測値との比較では、いずれの積雪深計を用いたとしても概ね実測値と整合的な推定結果が得られたが、実測値の計測事例数が不足しており精度検証の結論は得られなかった。しかし、降雪深 2cm/hr よりも降雪強度が弱い時は、いずれの積雪深計を使ったとしても非現実的な降雪密度となってしまうことが多く、たとえ mm 精度の深度カメラを使ったとしても弱い降雪時に降雪密度を精度よく推定することは困難と示唆された。

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が、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。しかし、降雪強度の弱いときについては Lidar の測定精度が不足するという課題が残された。令和 6 年度共

同研究では、超高速ビデオカメラを使った降水量計を制作し、降水量観測の精度を向上させた。この高精度な降水量観測と令和 5 年度共同研究と同様に Lidar を用いた積雪深観測を組み合わせることで、一般的な 0.5mm カウントの転倒マス雨量計を用いた場合よりもわずかに降雪密度推定の精度が向上することを確認した。本年度の共同研究では、mm 精度で計測が可能な高精度深度カメラを使用することで、降雪強度の弱いときの降雪密度推定精度の向上を目指す。

B. 研究方法

深度カメラ (Lucid vision labs 社 Helios 2 Ray)、Lidar (Livox 社 Mid-70)、超音波積雪深計 (SONIC 社 SL370) を使用して積雪深を観測した。深度カメラは距離 2m における測定精度が 1.6mm であり、非常に高精度な積雪深の観測が可能である。Lidar は令和 5 年度共同研究で使用したものと同じであり、広範囲の積雪深を cm 精度で計測することができる。超音波積雪深計は国内で一般に普

及しているもので 1cm 精度で積雪深を計測することができる。これら計測器を森林総合研究所十日町試験地（新潟県十日町市）に設置し、1 時間毎に積雪深を自動観測した。さらに、重量式の小型二重柵基準雨量計（SDFIR; Kochendorfer et al., 2023）による同時観測も行った。SDFIR は 0.01mm 分解能で強風時であっても精度よく降水量を計測できるため、本研究では SDFIR による降水量を実測値として扱うこととした。SDFIR が欠測となった時刻については 0.5mm 分解能の溢水式雨量計のデータを使用した。観測期間は 2025 年 12 月 17 日から翌年 2 月 28 日までとし、気温が 0°C 以下となった時刻のみを解析対象とした。

得られた 1 時間毎の積雪深と降水量から降雪密度を算出した。この時、降雪直後の積雪が自重により沈降するため、そのまま降雪密度を計算することはできない。そこで、遠藤ほか（2002）の方法で沈降の効果を補正した。また、降雪密度推定精度を検証するために、断熱材の板に積もった雪を 20×20cm 四方に切り出し、その重さと高さを計測することで降雪密度の実測値を得た。

### C. 研究結果

観測期間において、深度カメラで一部欠測となった時刻があるものの、すべての積雪深計で連続した積雪深データを取得することができた（図略）。また、2025 年 12 月 26 日に降雪密度の実測値を計 6 回計測できた（図 1）。この日は 7 時から 17 時にかけて強い降雪があり、その密度は

75kg/m<sup>3</sup> 付近を推移した。Lidar や超音波積雪深計を使って推定された降雪密度も概ねこれら実測値と整合していた。一方で、深度カメラは 15 時から 18 時にかけて欠測となってしまったほか、14 時の降雪密度を実測よりも大幅に過少に推定していた。19 時以降は降水量 1mm 未満のやや弱い降雪が続いており、cm 精度の Lidar や超音波積雪深計は積雪深の時間変化の検出限界を下回ったため降雪密度を推定できなかった。一方で、mm 精度の深度カメラは降雪密度を推定していた。ただし、この時間に実測値を測定できなかったため、その推定精度は検証できなかった。

### D. 考察

本研究では mm 精度で計測が可能な深度カメラを使うことで降雪密度の推定を高精度化できるかどうか調べた。残念ながら今冬季は降雪密度の実測値を計測できた日が少なく、実測値との比較は限定的なものとなった。一方で、全期間の推定された降雪密度について、降雪深毎に密度 0~150 kg/m<sup>3</sup> の現実的な範囲内に推定された割合は、降雪深 2 cm/hr 以上ではほぼ 100%だったのに対して、降雪深 2 cm/hr 以下ではいずれの積雪深計を用いたとしても 50%程度となった（図略）。このことは、たとえ mm 精度の深度カメラを使ったとしても弱い降雪強度の時に精度よく降雪密度を推定することは困難であることを示唆している。降雪深 2 cm を境にして降雪密度の推定が困難となることは令和 5 年度共同研究で得られた結果とも

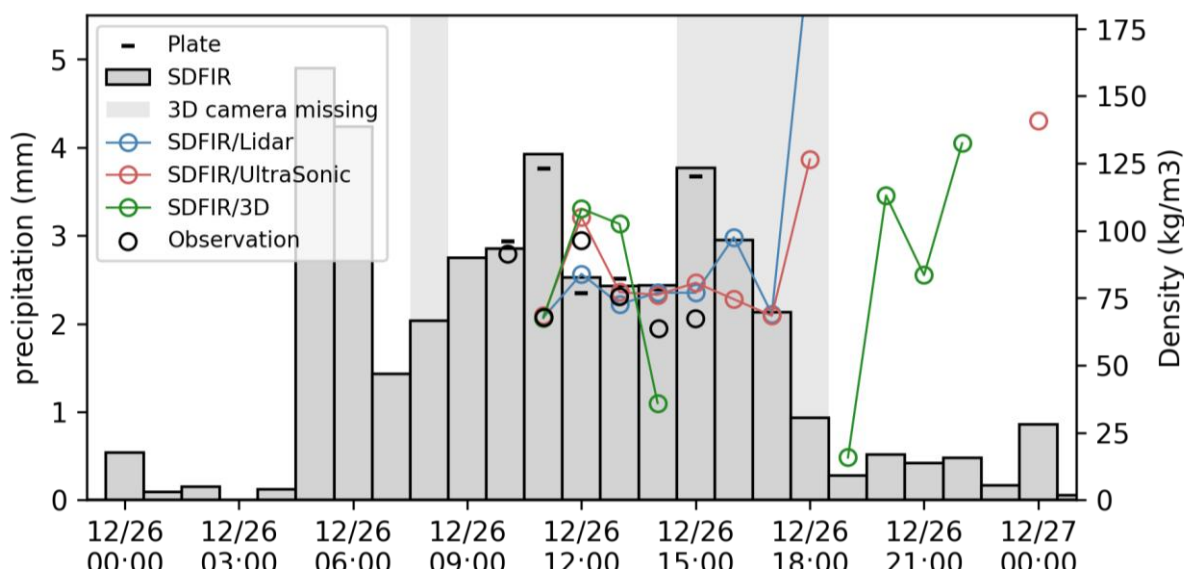


図 1 2025 年 12 月 26 日に観測された降水量（棒グラフ）と降雪密度（○印）。

整合する。

## E. 結論

mm 精度で積雪深を計測できる深度カメラと cm 精度で積雪深を計測できる Lidar と超音波積雪深計を使い 1 時間毎に降雪密度を推定した。降雪密度の実測値の計測数が不足しており、深度カメラを使ったことによる精度向上を確認することはできなかった。しかし、降雪深 2cm/hr よりも降雪強度が弱い時は、いずれの積雪深計を使ったとしても非現実的な降雪密度となってしまうことが多く、たとえ mm 精度の深度カメラを使ったとしても弱い降雪時に降雪密度を精度よく推定することは困難と示唆された。

## 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，勝島隆史，竹内由香里 (2025) : 降雪粒子の粒径・落下速度による降水量の推定，日本雪氷学会雪氷研究大会 (2025・津)，2025 年 9 月，津市

## 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