

新潟大学災害・復興科学研究所  
共同研究報告書

最適な避難に向けた高頻度・高精度な降雪密度測定手法の開発

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 将<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

本研究では、雨量計を用いた降水量観測と同時に地上設置型の Lidar を用いた広範囲の積雪深計測を行い、降雪密度の自動測定を行なった。使用した Lidar は低価格ながらも高精度な計測が可能な Livox 社製のものとし、新潟県十日町市と北海道札幌市に設置して 2023 年 12 月 26 日から翌年 3 月 28 日まで自動観測を実施した。観測結果から降雪密度を計算したところ、降雪イベントによっては同じ観測露場内であっても降雪密度が大きく異なることがあった。これら場所によって異なる降雪密度のうち、明らかに異常な値となった場所のデータを省くことで、直接観測された降雪密度とおおよそ整合的な降雪密度となった。

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が、これを一般に普及している気象観測機器を用いて精度よく自動計測することは難しい。本研究では、雨量計を用いた降水量観測と同時に地上設置型の Lidar を用いた広範囲の積雪深計測を行い、降雪密度の自動測定を行なった。また、電子天秤を用いた降雪密度の直接観測を同時に行い、雨量計と Lidar に基づく降雪密度の測定精度の検証を行なった。

B. 研究方法

低価格ながらも高精度な計測が可能な Livox 社製の Lidar を使用して広範囲の積雪深を観測する。この Lidar を森林総合研究所十日町試験地（新潟県十日町市）と北海道大学（札幌市）に設置し、1 時間毎に広範囲の積雪深を自動観測した。また、

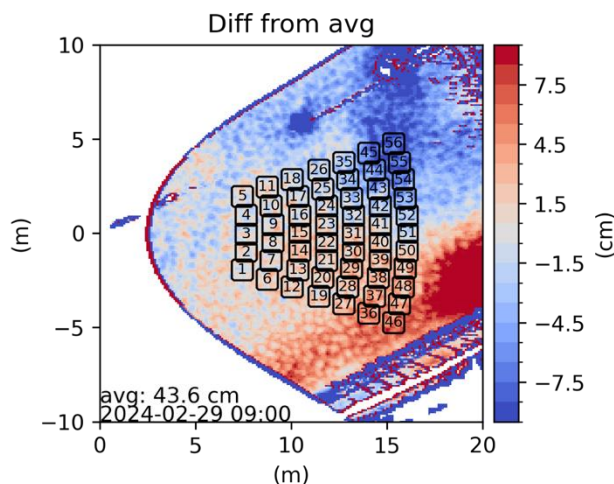


図 1 2024 年 2 月 29 日 9 時に十日町試験地で Lidar により観測された積雪深の領域平均からの差（陰影）と設定した 56 領域（黒四角と番号）。領域平均は、全 56 領域における積雪深の平均とした。

一般に普及した積雪深観測装置との比較のために、十日町試験地に設置された超音波積雪深計を

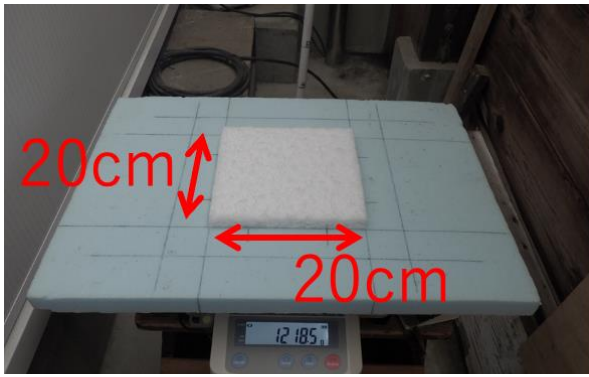


図 2 降雪密度の直接観測の様子。

使用した観測も同時に行なった。さらに、同試験地には、すでに雨量計も設置されており、積雪深の観測と同時に降水量を自動観測した。使用した雨量計は一般に普及している 0.5mm 分解能の助炭付き溢水式雨量計であり、降雪観測においては捕捉率補正が必要なことから、横山ら (2003) の方法でこれを補正した。観測期間は、2023 年 12 月 26 日から翌年 3 月 28 日までとした。

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、Lidar による広範囲の積雪深を計測することによる効果を

検証するために、観測領域内に 1×1m 四方の領域を 56 ヶ所設定し、それら各領域、または、すべての領域における降雪密度を計算した (図 1)。

得られた降雪密度の測定精度検証のために、電子天秤を用いた降雪密度の直接観測を十日町試験地で 1~1.5 時間毎に行なった。この直接観測では、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を測定した (図 2)。

### C. 研究結果

観測期間において、複数の降雪イベントの観測に成功したほか、降雪密度の直接観測を 33 回行うことができた。図 3 に 2024 年 1 月 15 日 12 時から翌日 20 時まで十日町試験地で観測された降雪イベントにおける降雪密度を示す。1 月 15 日 17 時以前においては、いずれの積雪深計から計算された降雪密度においても直接観測されたそれと整合的だった。Lidar による降雪密度は、56 領域のいずれかで計算しても違いが小さく、また、超音波積雪深計による降雪密度とも違いが小さかった。よってこの時間帯においては、観測露場内における降雪分布は一様であったと考えられる。しかし、1 月 15 日 18 時以降では、同じ観測露場内であっても場所によって計算される降雪密度

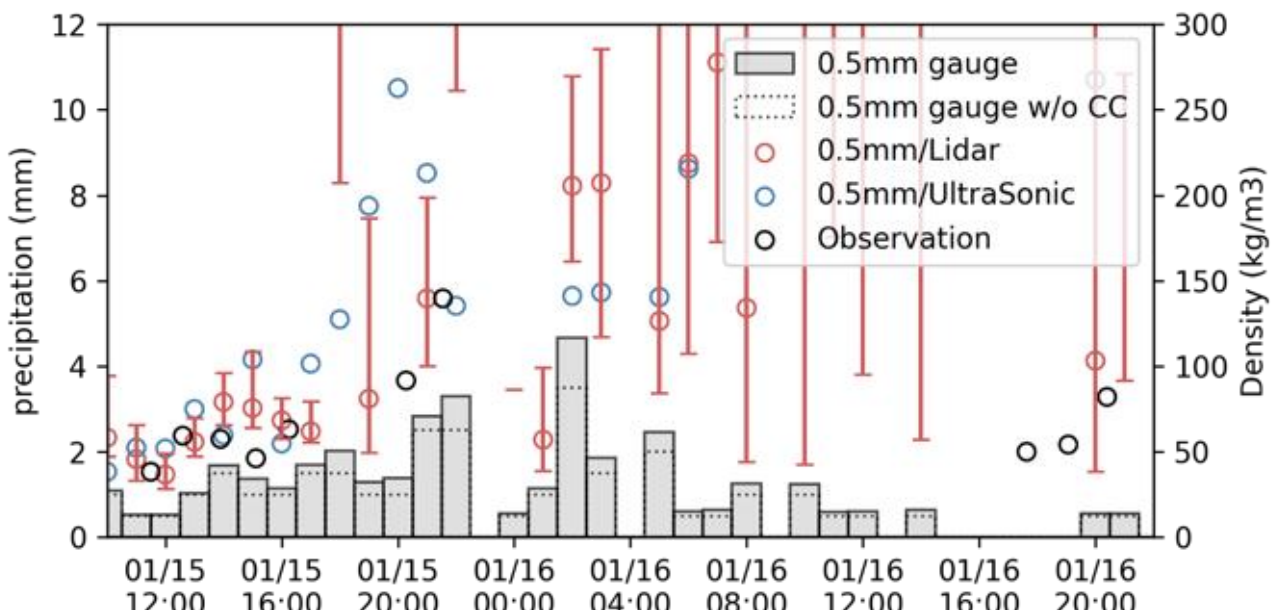


図 3 2024 年 1 月 15 日 12 時から翌日 20 時まで十日町試験地で観測された降水量 (棒グラフ) と降雪密度 (丸印)。赤色エラーバーは 56 領域における降雪密度の最大値・最小値の幅を示し、赤丸印は全 56 領域における平均降雪密度を示す。

が大きく異なり、その一部は直接観測との結果と大きく異なっていた。同様に、超音波積雪深計による降雪密度についても直接観測の結果と大きく異なっていた。この期間のうち、例えば1月15日21時では、1時間降雪深は場所によって±0.5cmの違いがあり、これは降雪密度±37kg/m<sup>3</sup>に相当した(図略)。

次に、すべての観測期間における直接観測された降雪密度とLidar・超音波積雪深計による降雪密度の計算結果とを比較した(図略)。その結果、超音波積雪深計による降雪密度の二乗平均平方根誤差は57kg/m<sup>3</sup>であった。一方で、Lidarによる降雪密度のうち250kg/m<sup>3</sup>を超える領域の結果を明らかに異常なデータとして省き、領域間の平均値を計算すると、その二乗平均平方根誤差は7kg/m<sup>3</sup>と大幅に小さい誤差になった。

#### D. 考察

本研究では、Lidarを使い広範囲の積雪深分布を計測し、それらのうち1×1m四方の領域56ヶ所それぞれで降雪密度を計算した。降雪イベントによって直接観測された降雪密度との誤差が大きいことがあり、そのような時は設定した56領域間のばらつきも大きい傾向が見られた。これは、同じ観測露場内であっても降雪密度が場所によって異なることを示唆している。また、計算した結果のうち、250kg/m<sup>3</sup>を超える領域の結果を明らかに異常なデータとして省くことで、直接観測された降雪密度と整合的な結果が得られた。よって、広範囲の積雪深を計測し、適切な品質管理を行なった上で降雪密度を計算することで既存の気象観測機器であっても降雪密度をおおよそ推定できると考えられる。しかし、本研究では、1台の降水量計の結果のみを使用しているほか、降水量計は降水粒子の捕捉率が悪いこと、降雪密度を計算するには0.5mm分解能では不足している可能性があるなどの問題がある。これらの点を今後検証していく必要がある。

#### E. 結論

本研究では、雨量計を用いた降水量観測と同時に地上設置型のLidarを用いた広範囲の積雪深計測を行い、降雪密度の自動測定を行なった。その結果、降雪イベントによっては同じ観測露場内で

あっても降雪深が場所によって異なることがあり、それによって計測される降雪密度も場所によって大きく異なることがわかった。これら場所によって異なる降雪密度のうち、明らかに異常な値を省くことで、直接観測された降雪密度とおおよそ整合的な降雪密度となることがわかった。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

なし

#### 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