

車載 LiDAR と SLAM による路肩の積雪計測の試み

長岡技術科学大学 大学院修士課程 岩崎 毅, 馬上優介
長岡技術科学大学 高橋一義

1 はじめに

積雪地域では、冬期に安全な生活を送る上で地域自治体などは除雪をはじめとする雪対策を行っている。しかしながら、財政状況悪化による公共事業減少を背景とし、除雪オペレータの減少などから除雪体制の維持が困難になりつつある。

近年では、情報通信技術(ICT)を利用した除雪作業の効率化が進められている¹⁾が、これらは除雪作業の負担軽減を主としているため、能率的な除雪体制の構築には直接結びついていない。除雪作業を効率化し、冬季を通して降雪状況に迅速に対応する除雪体制を維持するためには、道路・路肩の積雪状況を継続的にモニタリングすることが求められる。

これらを踏まえ、馬上ら(2019)²⁾は道路・路肩の積雪状況を継続的にモニタリングする 3D 計測可能な LiDAR を用いた道路積雪状況計測システムの構築にあたり、基礎的な検討として、雪尺あるいは SfM 手法で計測した積雪深と車載 LiDAR 計測で取得した積雪分布を比較し計測精度を評価している。このときの車載 LiDAR 計測は時速 20km~30kmで行っている。

本稿では、より実務的な車両速度である時速 40km で走行しながら積雪を計測する。計測結果から得られた LiDAR 積雪深と、現地で雪尺を用いて計測した実測値との積雪深計測比較結果を報告する。

2 方法

2.1 車載 LiDAR による積雪計測

LiDAR 計測には、除雪作業前後の路肩の積雪状況・道路面の積雪を 3D 計測することを考慮し車載型である Velodyne 社製の VLP-16 を使用した。計測場所は長岡技術科学大学構内の道路で実施した。車載 LiDAR の高さは道路面から 1.9m, 計測に使用した車両は日産のセレナである。

2.2 3D 点群の生成と位置合わせ

計測後の LiDAR データは LOAM(LiDAR Odometry Mapping)により処理し、道路およびその周辺の三次元点群モデルを生成する。生成した三次元

点群を水平補正した後、三次元点群内で確認できる地物の位置を GPS 測量し、その位置座標を用いて地図座標系にヘルマート変換により投影する。

2.3 雪尺による積雪深計測

雪尺を路肩の積雪内に垂直に差し込み、十分に押し込んだ状態で雪面の高さを読み取った値を積雪深とする。

2.4 LiDAR 積雪深の測定

積雪深の評価には、まず三次元点群上で雪尺で積雪深を測定した地点において、CloudCompare 上で測定を行う。点群上において、雪尺で積雪深を測定した地点脇の雪面とその近辺の道路面の平均高さの差(高低差)を LiDAR 計測積雪深とする。ここで雪面と道路面の平均高さは、それぞれに設定した一辺 10 cm の正方形領域に含まれる計測点の平均高さとする。

3 結果と考察

3.1 3D 点群の生成と位置合わせ

積雪を記録した LiDAR データは loam_velodyne により 3D 点群を生成した(図 1)。

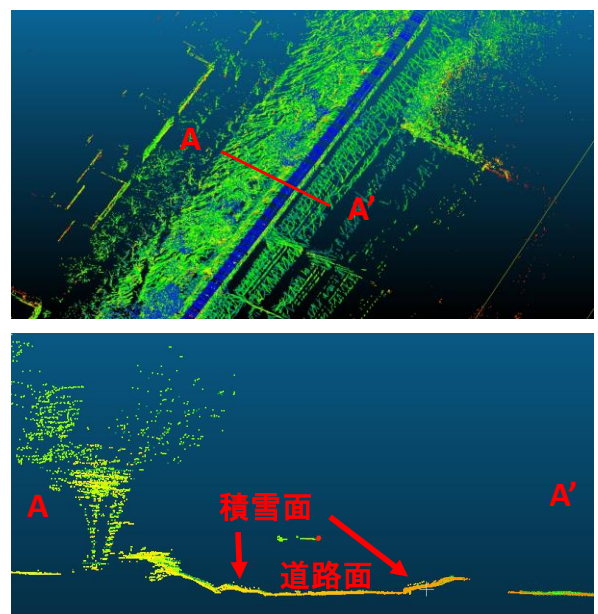


図 1 三次元点群モデル(鳥瞰図と断面図)



図2 雪尺による積雪深測定地点

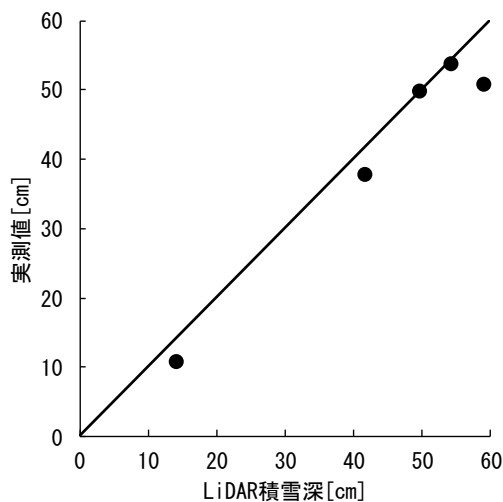


図3 実測した積雪深とLiDAR積雪深との関係

3.2 雪尺による積雪深計測

雪尺による積雪深の計測は道路脇の雪面が滑らかな地点で実施した。その位置を図2に示す。積雪深は11cm~54cmであった。

3.3 三次元点群による積雪深の確認

3D点群上において、雪尺で積雪深を測定した地点脇の雪面とその近辺の道路面の平均高さの差（高低差）をLiDAR計測した積雪深とした方法の結果を図3に示す。

雪尺で積雪深を測定した地点の雪面が滑らかな領域を選択し、雪尺による積雪深とLiDAR計測した積雪深を比較した。雪尺の実測値とLiDAR積雪深には

最大で8cmの差がみられた。図3をみると、実測値よりもLiDAR積雪深の方が大きく計測されている。

そこで、両者の関係が式(1)に従うと考え、系統誤差成分の大きさを見積もった。

$$y = x + b \quad (1)$$

yは雪尺による実測値、xはLiDAR計測積雪深、bは系統誤差成分である。

その結果、系統誤差成分は-3.0cmとなった。先行研究である馬上ら(2019)²⁾の結果では4.1cm~5.5cmの系統誤差がみられ、LiDAR積雪深データが実測値よりも低かったと報告されている。しかし、本研究ではLiDAR積雪深の方が高い結果が得られた。

この誤差は雪尺による積雪深の計測において、雪尺が地面まで届いていないことや、計測地点が道路面よりも若干高くなっていたことより生じたと考えられる。この他にもLiDAR積雪深を求めるにあたり、10cm四方の正方形領域内の計測点の平均をとり積雪深としたが、僅かに積雪が高い部分があり平均値が大きくなったなどの原因が考えられる。

4 まとめと今後の展望

車載LiDARによる路肩の積雪計測システムの実現に向けて、本稿では車載LiDARによる積雪の走行計測結果から三次元点群を作成した。

今回扱ったLiDARによる計測データは時速40kmで走行計測したため点密度が低いことも結果に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。

これらの結果から、車載LiDARを用いた積雪計測において新たな評価方法を提示することができた。しかしながら、実際に運用することを想定すると、さらに長い時間と距離を計測する。さらに、今回は降雨、降雪がない環境下での計測であった。実際の現場では降雨や降雪の環境下でも計測可能であるか、また結果にどのような影響を及ぼすのか検討が必要である。

参考文献

- 1) 田中洋一：除雪分野へのICT(ITS/GIS技術)の適用，建設の施工技術，pp.28-32，2007
- 2) 馬上優介，高橋一義，金高義，佐藤栄一：車載LiDARによる道路・路肩積雪計測の試み，応用測量論文集、公益社団法人日本測量協会，pp97-106，2019