

# 路肩積雪の簡易 MMS による記録と積雪断面形状について

長岡技術科学大学大学院 ○木歩士理来  
長岡技術科学大学 中村健  
中日本航空株式会社 千田良道  
長岡技術科学大学 高橋一義

## 1. はじめに

積雪地帯では冬季の除雪作業は住民が生活を行っていく上で必要不可欠な作業である。しかし、熟練除雪オペレーターの引退や除雪作業の担い手不足などの問題が発生している。安定した除雪体制を維持するには、道路除雪費の低コスト化や高効率な除雪作業の実現が不可欠で、そのためには積雪状況を広範囲に高い時間分解能で捉えることが必要である。

著者らは道路路肩の積雪状況を面的かつ高時間分解能で取得することを念頭に、車載 LiDAR と GNSS/INS を用いて道路積雪状況を走行記録するシステムを構築し、短区間ながら道路横断方向に積雪分布を取得している<sup>1)2)</sup>。しかし、積雪状況の高さ分布や積雪断面形状の再現性については十分に検討できていない。積雪深を複数地点で実測することは容易でない。そこで、本稿では、より簡便に断面形状を取得する手段として RTK 測位に着目し、これにより取得する積雪の断面形状と LiDAR 計測で記録する積雪断面形状を比較し、RTK 測位による積雪断面の再現性を検討した結果を報告する。

## 2. 方法

### 2-1. 簡易 MMS による積雪分布の計測

簡易 MMS は、低価格な車載 LiDAR と GNSS/INS から構成された MMS で、リアルタイムに地図座標付与済みの 3D 点群を出力する機能をもつ（出力点群の位置精度は水平 10cm、高さ 5cm）<sup>3)</sup>。簡易 MMS<sup>3)</sup>を軽バンの上部に取り付け、軽バンで道路を走行することで路肩の積雪分布を 3D 点群として取得する。軽バンが周囲の交通を阻害しないように前後の車両速度に合わせながら、新潟県長岡市内の道路を走行する。軽バンを用いた簡易 MMS システムを図-1 に示す。

### 2-2. RTK 測位による積雪断面形状の計測

交通量が少なく RTK 測位による積雪断面計測が

可能な断面計測地点とする。伸縮ポールの先端に GNSS 受信アンテナを取り付け（アンテナ下部に直径 12cm のグラウンドプレーンを取り付け）、図-2 に示すようにアンテナが積雪断面に沿うように移動させることで、断面形状を記録する。記録間隔は 4Hz とする。アンテナを移動させる際、アンテナが傾かないように注意を払い、RTK 測位の開始直後と終了直前の 5 秒間はアンテナを静止させる。

### 2-3. 簡易 MMS による積雪断面形状の抽出と断面形状の比較

RTK 測位した計測点の水平座標を中心に底面 10cm 四方の柱状領域を生成する。この柱状領域に含まれる 3D 点群の平均高さを RTK 測位点に対応する簡易 MMS の計測点とする（水平座標は RTK 測位点と同一）。すべての RTK 測位点について同様の処理を繰り返すことで、簡易 MMS による積雪断面形状を取得する。取得した断面形状の類似性を評価するために相関係数を算出する。また、積雪断面形状の再現性を評価する指標として積雪面の高さの差を算出する。



図-1 簡易 MMS システム



図-2 RTK 測位による積雪断面形状の計測の様子

### 3. 結果と考察

#### 3-1. 簡易 MMS による積雪分布の計測

簡易 MMS による積雪分布の計測は 2022 年の 2 月 21 日～24 日に実施した。本稿では 22 日に記録した越後丘陵公園付近と 24 日に記録した長岡市小曾根町付近のデータを使用する。

#### 3-2. 積雪断面形状の計測と比較

交通量が少ない越後丘陵公園駐車場への接続道路と長岡市小曾根町の市道脇で積雪断面形状を計測した。計測地点の様子を図-3 に示す。(越後丘陵公園：断面 1 と 2, 小曾根町：断面 3 と 4)。前述した方法で取得した積雪断面形状を図-4 に、積雪断面形状を比較した結果を表-1 に示す。

図-4 を見ると断面の変化の傾向は簡易 MMS と RTK 測位で同じであった。断面 4 では断面がほぼ一致していたが、断面 1, 2, 3 では部分的・全体的に RTK 測位の断面が高いことが分かる。また、緩斜面では標高差が小さく、急斜面では標高差が大きいことが分かる。このことは表-1 から確認できる。断面 1, 3, 4 では標高差が 0.2m 程度であったが断面 2 では 0.5m 程度の標高差があった。また、断面の類似性は全断面で高い相関係数が得られたことから断面の変化の傾向は同じといえる。

RTK 測位時にアンテナをグラウンドプレーンに乗せて測定するため、積雪面の傾きが大きくなると RTK 測位点の位置と測定したい積雪断面の位置の差が大きくなる。これが標高差の原因と考えられる。

### 4. まとめ

簡易 MMS の積雪分布や積雪断面形状の再現性の評価法として積雪深を複数地点で実測するのは容易ではない。そこで、簡便な断面形状を取得手段として RTK 測位を実施し、積雪断面形状を比較することで再現性を評価した。その結果、緩斜面では概ね断面形状を再現できたが、急斜面で標高差が大きくなった。今後、RTK 測位点と測定したい積雪面までの距離を補正する積雪断面形状測定方法を検討していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 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, 30, 97-106, 2019
- 2) 菅原和也, 中村健, 高橋一義: 車載 LiDAR による道路積雪分布の計測の検討, 第 39 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, IV-207
- 3) 千田良道, 國枝信吾, 高野正範, 猿渡辰也, 須甲光, 田中星矢: 簡易 MMS の開発と実証実験結果の報告, 第 43 回 測量調査技術発表会要旨集, 4-5, 2021

表-1 各断面での標高差と相関係数

	断面1	断面2	断面3	断面4
標高差 (m)	0.12±0.08	0.29±0.22	0.07±0.05	0.11±0.07
相関係数	0.98	0.90	0.99	0.99



図-3 RTK 測位による計測地点

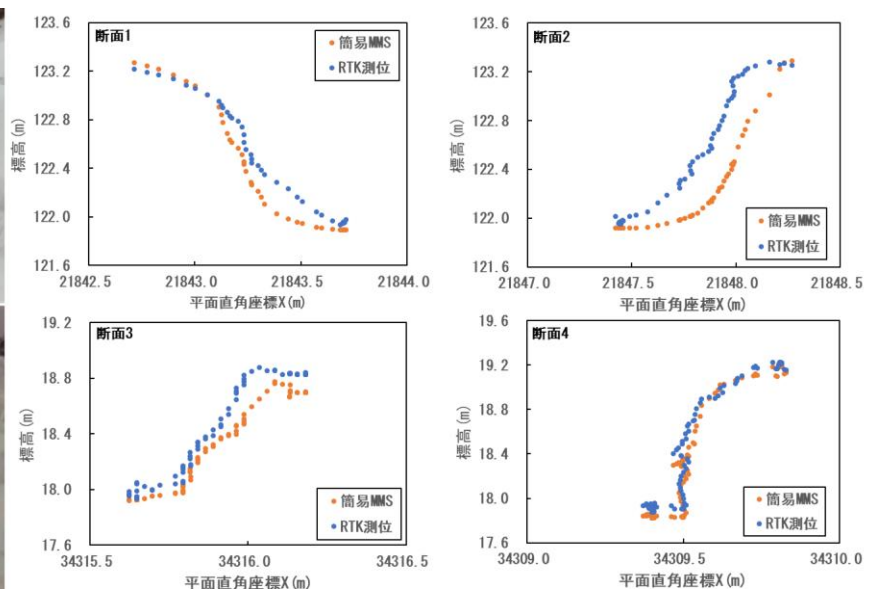


図-4 積雪断面形状の比較