

# モバイルマッピングシステムによる除雪パトロールの効率化に関する検討

防災・復興システム工学研究室  
環境社会基盤工学専攻 2 年 菅原和也

## 1. はじめに

豪雪地帯の除雪パトロールの現状は 10cm 積雪している場所を目視・直尺で計測して行っている。問題点として、担い手不足や安全性の確保、除雪全体のコスト削減が挙げられている。このような課題を解決するために冬期道路交通確保対策委員会は計測の効率化の一例として車載センサーの活用をあげている。MMS を使用した計測を行うことで網羅的かつ時系列なデータを低コストで取得できると考えている。MMS は自動運転普及による低価格化している点や GNSS/INS と合わせることで位置情報を付与した高密度の点群が取得可能な利点がある。

本研究では MMS を使用することで除雪パトロールの効率化が可能であるかを検討する。精度を確認するため実測した値と MMS 計測した結果を比較する。また、積雪期と無雪期を比較して積雪深および道路有効幅員の計測、雪堤高さの可視化方法を行い、除雪パトロールの現状と合わせて検討した。

## 2. 方法

中日本航空株式会社が開発した MMS を使用し、軽バンに取り付けて構築した。水平誤差 10cm, 鉛直誤差 5cm の精度である。また、計測した結果を 1 分ほどで算出できるシステムになっている。

図 1 に示すように、MMS では積雪面の計測をすることは可能であるが、路面位置を計測することができない。MMS で計測した雪の積雪面の高さ ( $H_{snow}$ ) と推定した地面の位置 ( $H_{ground}$ ) の差分を積雪深 ( $S_H$ ) としたとき、式 1 で表すことができる。

$$S_H = H_{snow} - H_{ground} \quad (1)$$

地面の位置を 3 つの方法で算出し、積雪深を求めた。それらを実測した結果と比較し、MMS の計測結果と比較した。実測方法は中心と周りの 8 か

所を計測した平均値を実測した積雪深とした。MMS の結果は車載 LiDAR の設置高さから道路面を推定した結果を Case①, RTK 測位で道路面を計測した結果を Case②, 無雪期の結果を路面位置として推定した結果を Case③として比較する。

積雪深計測をする際に降雪粒子や道路のノイズとなる点群が MMS で計測されることがある。そのため、降雪粒子はボクセル化をして、点群の密度が低いものを除外する処理と、断面に関連のない一定の高さ以上の点群を削除する処理をした。また、無雪期のデータを使用する処理は点群の位置座標を正確に合わせる必要があるため、水平方向の補正にヘルマート変換を用いた。

次に積雪期と無雪期との差分から積雪量を算出する。そして、路肩の鉛直方向の平均値を推定積雪深とする。路肩の幅は道路構造令に基づいて 3.5~5m とした。また、2 時期の変化から有効幅員も算出する。明確な基準がないため 10cm 以上の積雪があった場合を通行できない地点として有効幅員を計測した。次に推定した積雪深を地図上に表示し、広範囲の情報取得が可能か検討する。

計測場所は図 2 に示す。緑の線が車載 LiDAR の移動経路で A~E は実測した場所である。計測日時は積雪期 2022 年 2 月 21 日から 2 月 24 日、無雪期 2022 年 4 月 18 日から 4 月 21 日に行った。

## 3. 結果

実測値との比較結果を表 1 に示す。平均して 5cm ほどの差が生じていた。除雪作業従事者の方に積雪深の許容誤差についてインタビューした際に、許容誤差 4cm があると計測に役立つと確認していたため、許容誤差を超える結果になったが、比較的近い値で計測することができた。

次に積雪期と無雪期の比較で車載 LiDAR 計測による結果から断面を取得したものを図 3 に示す。

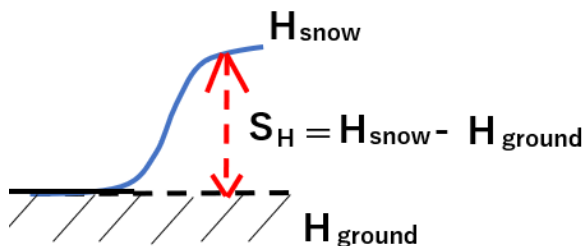


図 1. MMS を使用したときの積雪深算出方法

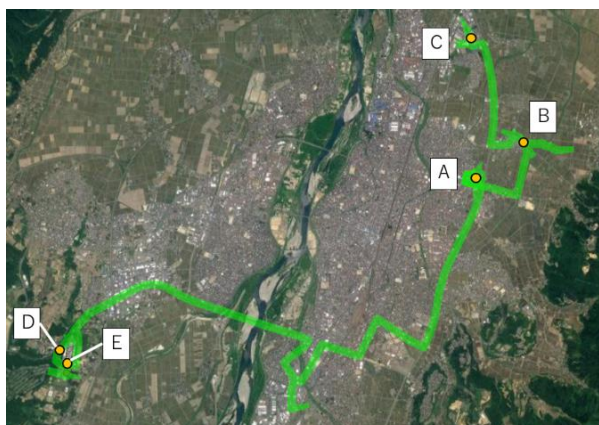


図 2. 移動経路および実測位置

無雪期と積雪期で断面が変化していることが確認できる。差が大きいところではおおよそ 2m 増えている。路肩の積雪深の平均は 0.96m であった。次に有効幅員は無雪期では 9m ほどであったが、積雪期では 6m ほどになっており、通行可能な幅がおおよそ 3 分の 2 に減少している。路肩の推定積雪深を地図上に色分けで表示することもできた。

#### 4. 考察

実測値との比較では 2~4cm に収まらなかったが、絶対値で平均したときおおよそ 4.6cm ほどの誤差であったため、制度の改善は必要であるが大まかな結果の取得はできた。即時に結果を反映するシステムであるため、おおよその結果で広い範囲の断面を算出できることは、手作業での実測に比べて効率化できる可能性が考えられる。積雪期と無雪期で比較した結果では積雪深と有効幅員を計測した。積雪深は 2 時期の断面の変化から大まかな様子を観測することができた。次に有効幅員は無雪期と積雪期の結果から計測できた。除雪パ

表 1. 実測値との残差で得られた結果

地点	積雪深 (cm)				実測値との比較		
	実測値	Case①	Case②	Case③	Case①	Case②	Case③
A	68.9	62.7	57.4	67.4	-6.2	-11.5	-1.5
B	37.4	32.1	34.8	38.7	-5.3	-2.6	+1.3
C	43.9	39.5	40.8	42.3	-4.4	-3.1	+1.6
D	151.0	156.4	152.4	163.9	+5.4	+1.4	+12.9
E	25.2	24.4	20.7	31.2	-0.8	-4.5	+6.0

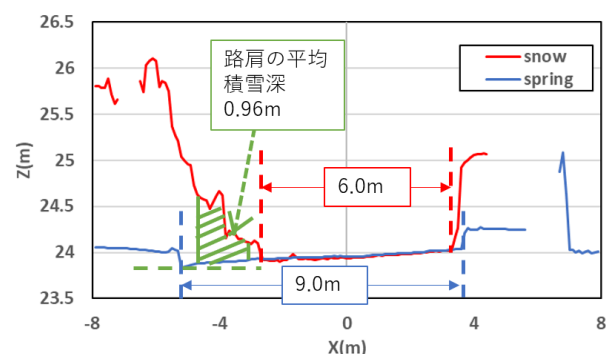


図 3. 積雪期と無雪期の比較

トロールでは目視観測されていたため、数値データとして結果を得られることは MMS によって得られる利点であり、除雪パトロールを高度化できるデータであると思われる。しかし、通行可能な高さを今回は 10cm としたが、今後明確な基準を定める必要がある。また、これらの結果を踏まえて、本システムでは、積雪深と有効幅員を面的に観測することはできたが、除雪パトロールに必要な歩道部の積雪量や水分量などについて計測することはできていない。既往研究では路面温度や水分量に着目した研究があるため、それらと組み合わせることで除雪パトロールをより効率化できるのではないかと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 豪雪地帯対策基本計画の見直しについて  
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001488182.pdf> (2023/02/13 アクセス)
- 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, 30, 97-106, 2019