

除雪作業におけるデジタルツイン化の試行

(株)堀口組 正会員 ○漆館 直
(株)環境風土テクノ 正会員 須田 清隆
(株)建設 IOT 研究所 正会員 JEVICA、MOSTAFA SAYED OSMAN
北海道大学 正会員 金井 理

1. はじめに

現実空間の中で生じている様々な事象を、映像を含めた各種センサにより取得・認識し、それらをデジタル情報として動的に取得する技術が急速に進んでいる。デジタルツインは、これらのセンサ類により構成されるセンサネットワークから取得される様々な動的情報と、地形・地物等の静的な情報とを融合したサバー空間である。

2. 3次元計測技術

デジタルツインは、3次元データが必要要件であり3次元データの作成技術や3次元計測技術は必須技術になる。本試行では車両調査装置を開発し、簡易な3次元計測を構築している。なお、3次元計測には、レーザースキャンと写真計測の比較したうえで、安価な写真計測技術（SfM/MVS）を適用している。

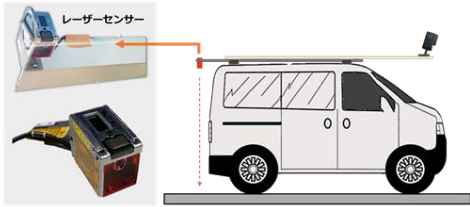


図1 簡易調査車両

表1 3次元計測手法の比較

	レーザ計測	写真計測
計測システムコスト	× (高価なスキャナ・ソフト)	○ (カメラ+比較的安価なソフト)
計測時間	△ (数min/スキャン)	△ (多数の画像必要)
計測データ形式	3次元点群+反射輝度 (+点のRGB情報)	3角形メッシュ +表面テクスチャ画像
後処理	△ (要点群レジストレーション)	× (モデル生成: 数10min~数h, 要スケール調整)
計測精度	○ (1mm~数mm)	△ (数cm~数10cm)
インフラ維持管理 で使える情報	・ 3DCADモデル生成 ・ 構造物の経年変形 ・ スケーリング、剥落	・ 3DCADモデル生成 ・ 表面クラック、遊離石灰、 鏽、剥落などの変状

排雪対象となる堆雪体積を、3次元画像計測（Visual-SLAM もしくは SfM/MVS）を活用し、高速かつ低コストな処理により、一定精度で計測可能な技術の開発。

3. 車載動画の計算方法

a) 動画による三次元計測

車載カメラによる撮影された動画からの点群化手法として、フレーム数が多い分多大な計算を要することから、ここでは点群形成に必要なキーフレームを抜き出す手法を開発して展開している。

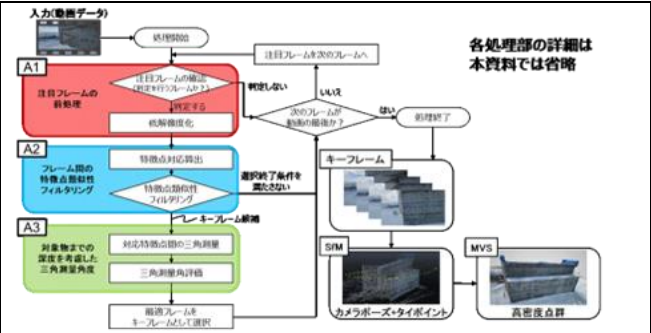


図2 写真計測技術処理フロー

b). 計算結果

動画から夏と冬の道路状況を点群化し、位置情報と関係づけている。



図3 夏の道路状況の点群

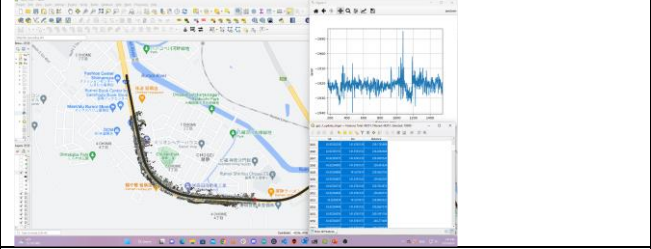


図4 点群に位置情報を関係づけて地図上で確認

キーワード 除雪作業、効率化、デジタルツイン、写真計測、コントラスト調整、堆雪の3次元化
連絡先 〒077-0021 留萌市高砂町1丁目4番15号 (株)堀口組 DX 推進室 TEL 0164-42-1162

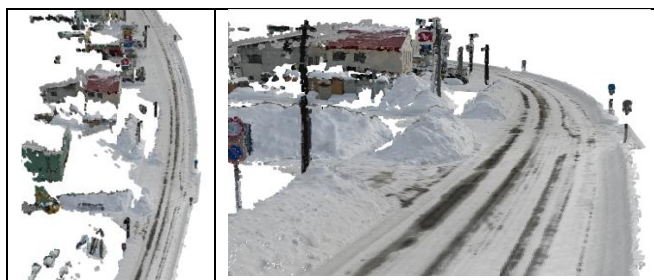


図5 冬の積雪した道路状況の点群

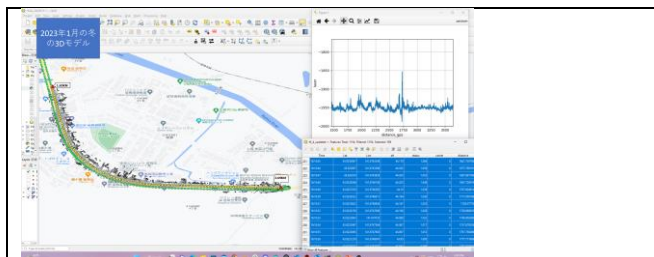


図6 点群に位置情報を関係づけを地図上で確認

C) 点群からの排雪量推算方法

点群から直接排雪量を推算する方法を提案、実施している。

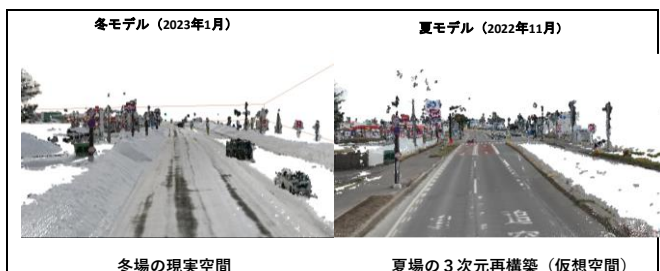


図7 排雪区間の点群（夏と冬）



図8 夏と冬の点群重畳

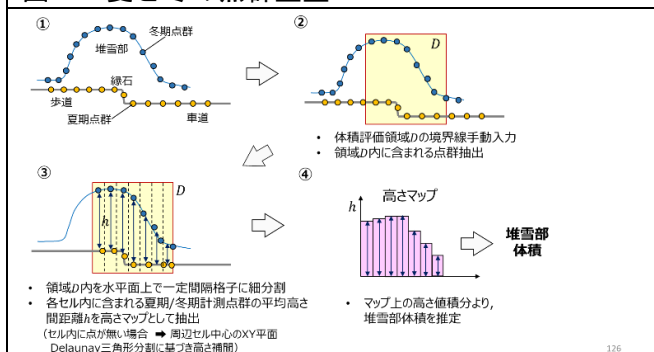


図9 点群による体積計算フロー

d) 考察

- ① 従来困難とされた積雪の写真計測において車両撮影した動画から、SfM/MVS を用いて路肩の堆雪部の3次元モデル化を可能にした
- ② 撮影機材/方法についてはアクションカメラによる車両側面方向、CPL フィルタ付き撮影が好ましいと判断される
- ③ 事前画像処理としては、雪面の再構成可能領域の拡大に、ヒストグラム平坦化(HE)によるコントラスト強調が有効である。

4. デジタルツインの導入効果

デジタルツインの導入により夏場から積雪空間をサイバー空間上で再現することで、除雪作業の事前訓練やシミュレーションによる除雪作業の無駄や無理の部分の修正が可能になる。



図 10 シミュレーションによる除雪訓練



図 11 VR 体験による道路評価

5. 最後に

積雪や堆雪等の 3 次元モデルにより再現される仮想空間に、レーザーセンサから得られる現実情報を加えれば、現実世界とリアルタイムで同期した動的な仮想空間を構築される。このような動的な仮想空間を基盤に、除雪作業での除雪過程を仮想的に模擬できるバーチャルコンストラクションの仕組みが必要になる。

これまでの除雪作業では、経験的知見で除雪の判断をしていたが、除雪プロセス、すなわち人や機械、資材をどのように動かして除雪作業を行うかを事前に計画できるようになれば、除雪作業の生産性は高まると期待できる。