

UAV-SfM 測量における積雪期の地上基準点削減に関する研究

北見工業大学大学院工学研究科 正会員 ○高橋浩司
(株) 構研エンジニアリング 非会員 長沼芳樹

北見工業大学 正会員 白川龍生
(株) 構研エンジニアリング 非会員 佐野至徳
(株) ジオリサーチ 非会員 猿渡久人

1. はじめに

積雪期の道路管理は、法面の積雪分布を適切かつ迅速に把握する事が重要となる。積雪深の変化を UAV-SfM 測量にて的確に把握するためには、複数時期の計測結果を正確に重ね合わせる必要がある。一般的に計測範囲内に不動の地上基準点(以下、GCP)を複数設置する方法があるが、積雪によるGCPの埋没、融雪による沈下や移動が生じること、また UAV 撮影の際にその都度GCPを設置する方法があるが、法面での作業の危険性から、適用は極めて難しい。一方、近年RTK搭載型 UAV を用いてGCP数を削減する方法が提案されているが、積雪環境特有の条件下(例えば、高い可視光反射率、色調・凹凸の少なさ)でのデータ精度の検証が未だ十分とはいえない。

本研究では、積雪期の UAV-SfM 測量適用に際し、(1) RTK 搭載/非搭載型 UAV での違い、(2) SfM 解析に 入力する GCP 数の違いが点群作成に与える影響に着目し、積雪表面の計測精度を検証した。

2. 方法

2.1 実験場、使用機材および撮影方法

実験場の概要およびGCP配置図を示す(図-1)。使用機材は、RTK 搭載型 UAV(Matrice300RTK[DJI])および非搭載型 UAV(Phantom4 Pro[DJI])で、撮影方法は対地高度50mの自動航行とした。地上解像度は、それぞれ0.6cm/px(RTK 搭載型)、1.4cm/px(RTK 非搭載型)である。撮影画像の重複率は国土交通省国土地理院のマニュアルを参照し、80%以上とした¹⁾。

2.2 実験方法

UAV 撮影前には、実験範囲外側にGCPを6点配置し、RTK-GNSS 測量により公共座標を取得する。また、積雪期の撮影はRTK 搭載/非搭載型 UAV にて空中写真撮影を行う。その撮影画像をもとに、それぞれSfM 解析を行い、デジタル表層モデル(以下、DSM)を作成する。SfM 解析では、GCP の入力点数を変化させ、数ケースのDSMを作成する(表-1)。また、UAV 撮影と

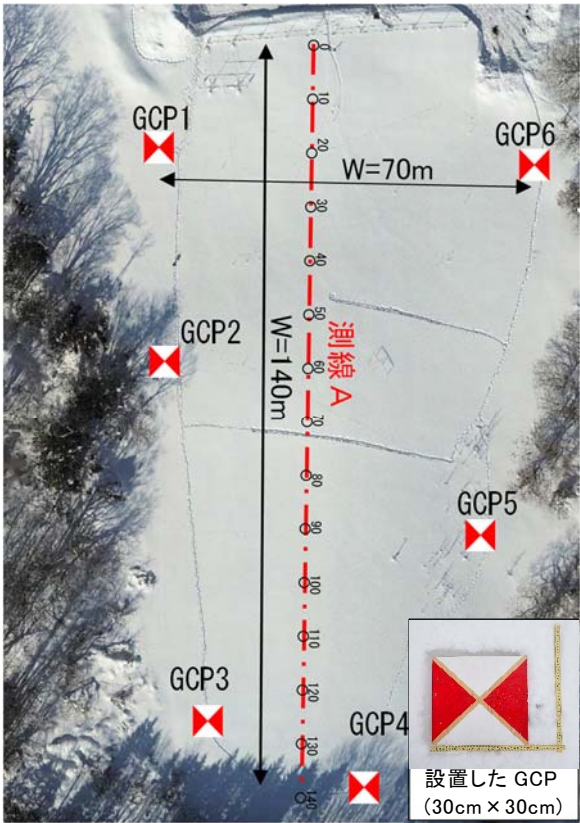


図-1 実験場概要及び GCP 配置図

表-1 実験ケース

機種	RTK 搭載型 UAV				RTK 非搭載型 UAV
	case1	case2	case3	case4	case5
GCP1	○	○	○		○
GCP2	○	○			○
GCP3	○				○
GCP4	○				○
GCP5	○	○			○
GCP6	○	○	○		○

凡例 ○: GCP を使用

同日に実施したドローンレーザー計測(以下、レーザー計測)によるDSMを基準とし、積雪表面高さを比較し、その計測精度を検証する。

2.3 積雪表面高さおよび積雪深の計測

計測位置は図-1に示す測線Aとし、10m 間隔で積雪表面高さを計測する。積雪深の計測方法は、各ケースの積雪期および無雪期の点群データを同時に読み込み、測線上の計測点の標高差により算出する。

キーワード: UAV-SfM 測量, 地上基準点, 積雪深計測, 点群, DSM, ドローンレーザー
連絡先: 〒065-8510 札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1-1 (株)構研エンジニアリング TEL 011-780-2813

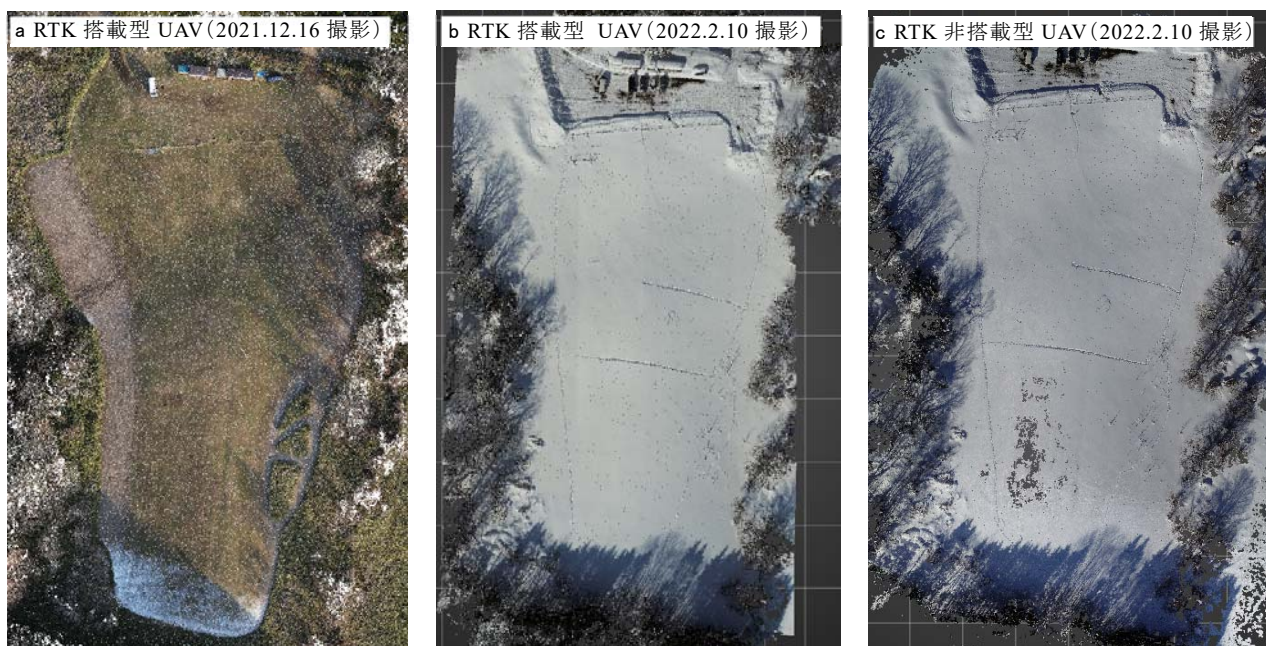


図-3 UAV-SfM 測量による点群の例

3. 結果と考察

3.1 RTK 搭載/非搭載型 UAV による計測精度

図-3 に作成した点群の例を示す。積雪期においても無雪期と同様、点群の未作成部分や解像度の低下箇所は見られなかった。図-4 に測線 A での積雪深計測結果を示す。case1 ではレーザー計測結果とほぼ一致しており最大誤差は -3.4cm と高い精度であった。一方、case5 では端部に比べ中間部の最大誤差が $+20.6\text{cm}$ と大きくかけ離れる結果となった。これは、RTK 非搭載型 UAV の撮影画像は GNSS 単独測位のため位置座標の精度が悪く、特に高さは、UAV に搭載された気圧高度計により推定しているためさらに精度が悪く、これが解析結果に影響したものと推察する。

3.2 GCP 数削減時の点群の再現性

GCP 数を変化させた場合の UAV-SfM 測量結果とレーザー計測との誤差を示す(図-5)。case1 では最大誤差は $+3.8\text{cm}(5\%)$ であり最も高い精度であった。これは計測範囲を囲うように GCP を配置したことにより計測範囲内部の誤差が最小限に抑えられたものと推察する。case2, 3 では最大誤差が最大 $+5.3\text{cm}(7\%)$ で、case1 に比べ再現性が劣るものの積雪深計測における実務上問題ないことを確認した。一方、GCP を全く使用しない case4 では、最大誤差が $+28.4\text{cm}(34\%)$ であった。RTK 搭載型 UAV を使用していたが、高さ方向には一定の誤差が出ているため、最低でも GCP を 2 点以上配置する必要があることがわかった。

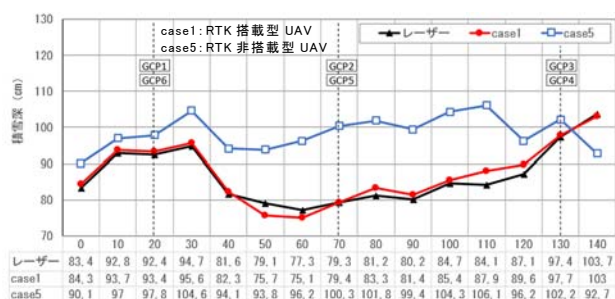


図-4 UAV-SfM 測量とドローンレーザー計測による推定積雪深の比較

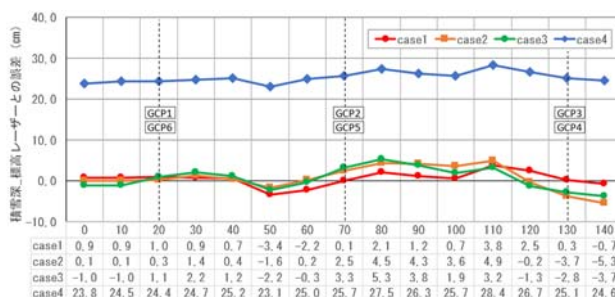


図-5 GCP 数の違いによる推定積雪深の計測誤差

4. まとめ

RTK 非搭載型 UAV の場合、GCP の配置間隔で誤差が大きく出るため留意が必要である。RTK 搭載型 UAV の場合、計測範囲を囲うように GCP を配置するのが望ましいが、GCP を 2 点以上設置することで積雪深計測における必要精度を確保でき実用上問題事がわかった。今後は、地形、雪質、天候、撮影高度の違いが SfM 解析精度に影響を与えることから、検証が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省国土地理院：UAVを用いた公共測量マニュアル（案）[2017]