

UAV および SfM を活用した雪面観測手法の研究

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○高橋浩司
(株) 構研エンジニアリング 非会員 佐野至徳

(株) 構研エンジニアリング 非会員 長沼芳樹
(株) 構研エンジニアリング フェロー 川瀬良司
北見工業大学 正会員 白川龍生

1. はじめに

これまで斜面や平坦地にて積雪深や吹きだまり量の分布等を把握する際には、現地で積雪観測のような直接的手法で行われることが多く、広範囲な調査領域を面的に把握することは困難であった。

一方、山岳地域等の大規模な斜面においては、実機による航空レーザ測量のような間接的手法を用いて、広範囲に面的な測定事例があるものの、高コストなため、数多くある道路脇斜面等の施設管理には適していないのが現状である。

本研究では、低コストかつ特殊技術を必要としない UAV (Unmanned aerial vehicle) および SfM

(Structure for Motion) を活用した雪面観測手法について、検討を行ったものである。

2. 概要

積雪面は、降雪直後から気温の変化や日射、風の影響等により状態が刻々と変化する事がわかっている。本研究では、UAV で撮影する際の雪面状態と気象データの関係性に着目し検討を行うこととした。特に撮影時の輝度に影響を与える日射（下向き短波放射）および雪面での反射率 (albedo) が撮影図化に最も影響があるものと考え、北見工業大学グラウンド敷地内で継続観測 (写真-1) を行っている気象データを入手し、撮影図化結果と比較することで、適する条件および精度の検討を行うものである。

撮影時期については、雪面の状態が異なる 2~3 月、撮影場所は、北見工業大学グラウンドで、平坦地~勾配 25° 程度の法面がある約 40m×15m 程度の範囲を選定した。

(1) UAV による空中写真撮影

使用した UAV 機体は、DJI Phantom4 Pro、カメラは純正で、1inch CMOS センサー、総画素数 2,000 万画素、レンズ焦点距離 24mm(35mm 判換算)、視野角 84° である。撮影画像は、JPEG 形式(24bit)で記録し

た。撮影方法は、自動航行による俯瞰撮影を基本とし、手動航行による 45° 斜め撮影をあわせて実施した。自動航行ソフトウェアは DJI GS Pro ver.1.8.5 を使用し、撮影画像のオーバーラップ率は「UAV を用いた公共測量マニュアル (案) H29.3 国土交通省国土地理院」を参考に 80%以上とし、対地高度 30m を維持するよう設定した。撮影時には、4 地点で地表面まで除雪を行い、対空標識を設置し、あわせて実測にて積雪深計測を行った。

(2) SfM 解析および点群処理

UAV 撮影画像を使用して SfM 解析を行い、オルソ画像および DSM(Digital Surface Model)を作成した。SfM ソフトウェアに Agisoft Metashape Ver.1.5.1 を使用、断面図を作成する上での 3D 点群処理システムについては、福井コンピュータ TREND-POINT Ver.6 を使用した。横断面図作成の際、抽出条件として、距離 0.010m、角度 1 度で平滑化を図った。

3. 気象観測結果

気象観測状況、観測結果を写真-1、表-1 に示す。



写真-1 気象観測状況

表-1 気象観測結果

| 日時 | CASE | 開始 | 終了 | 天気 | 気温 (°C) | 最大風速 (m/s) | 雪質 |
|-----------|---------|-------|-------|----|---------|------------|-----|
| 2019/2/14 | 214(10) | 10:04 | 10:09 | 晴 | -10.4 | 1.3 | 新雪 |
| | 214(12) | 11:58 | 12:03 | 曇 | -9.0 | 1.3 | 新雪 |
| | 214(14) | 13:59 | 14:04 | 曇 | -7.9 | 1.7 | 新雪 |
| 2019/3/14 | 314(10) | 10:01 | 10:06 | 曇 | -0.2 | 1.4 | 新雪 |
| | 314(12) | 11:57 | 12:02 | 雪 | 0.4 | 2.5 | 新雪 |
| | 314(14) | 13:53 | 14:01 | 雪 | -0.1 | 2.7 | 新雪 |
| 2019/3/26 | 326(10) | 10:05 | 10:11 | 晴 | 3.7 | 2.1 | ざらめ |
| | 326(12) | 11:50 | 11:55 | 曇 | 8.7 | 2.1 | ざらめ |

キーワード：道路管理、雪況調査、積雪観測、UAV 撮影、SfM、空撮図化

連絡先：〒065-8510 札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1-1 構研エンジニアリング TEL 011-780-2813 FAX 011-785-1501

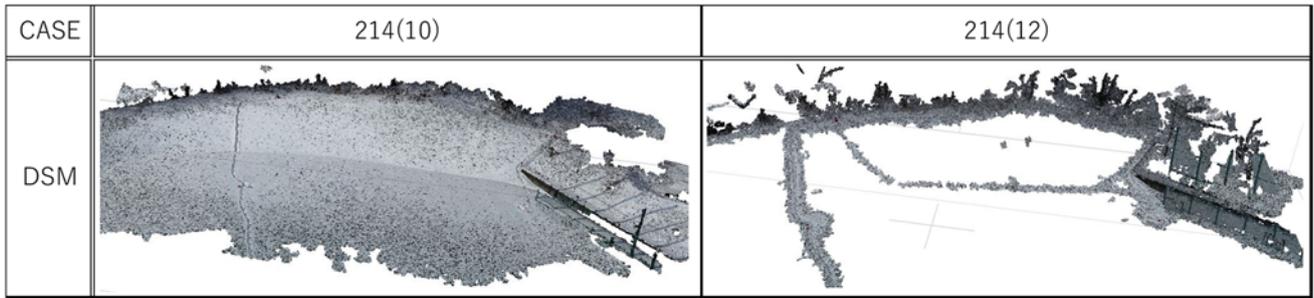


図-1 SfM 解析結果（観測日 2019年2月14日）

4. 結果

4.1 SfM 解析結果と気象データとの関連性

図-1 に同日別時間帯に撮影した 2 枚の DSM 画像を示す添付する。“214(10)”では撮影範囲全体をデータ化できているが，“214(12)”では特に雪面に凹凸が少ないエリアは全くデータ化されていない。表-2、

図-2 に気象観測結果“下向き短波放射”と“albedo”の値を示す。図-2 には、データ化できた CASE を“赤”、できできなかった CASE を“緑”で示している。今回データ化できた“214(10)”および“326(10)”を見ると下向き短波放射によらず albedo 値が 0.837、0.597 と比較的低い値のところでデータ化できている。一方，“326(12)”は、albedo 値 0.678 と低いにも関わらず、一部データが欠損している。これは、下向き短波放射が 204.8(W/m²)と極端に低く、極端に暗かったため、撮影時に得られる雪面の情報量が少なかった事が影響しているものと考えられる。

4.2 図化データと実測との精度検証

図-3 に図化した断面図を示す。実測値“50cm”に対し、データ値“46.3cm”となっており、誤差も数センチであることから、実用可能な範囲と考える。

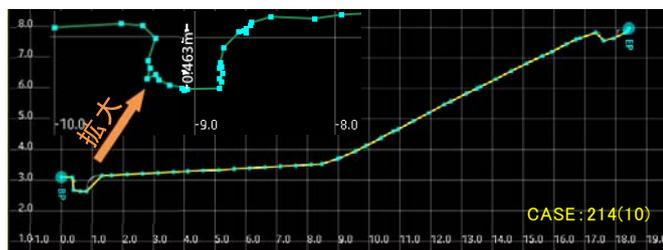


図-3 数値図化断面図

5. まとめ

albedo 値が 0.84 以下では観測範囲全体のデータ化が可能だったが、極端に下向き短波放射の値が低い曇天の場合、データ化できないケースも確認された。また、雪質が異なるケースにおいても“214(10)”、“326(10)”でデータ化できたことから、データ化の可否は単に雪質によらないものと考えられる。

表-2 気象観測結果一覧

| 日時 | CASE | アルベド | 短波放射 (下向き) | 点群データ |
|-----------|---------|-------|------------|-------|
| 2019/2/14 | 214(10) | 0.837 | 479.4 | ○ |
| | 214(12) | 0.870 | 390.7 | × |
| | 214(14) | 0.867 | 217.5 | × |
| 2019/3/14 | 314(10) | 0.877 | 406.7 | × |
| | 314(12) | 0.885 | 393.6 | × |
| | 314(14) | 0.880 | 294.8 | × |
| 2019/3/26 | 326(10) | 0.597 | 776.2 | ○ |
| | 326(12) | 0.678 | 204.8 | △ |

凡例 ○: 捕捉 △: 一部欠損 ×: ほぼ欠損

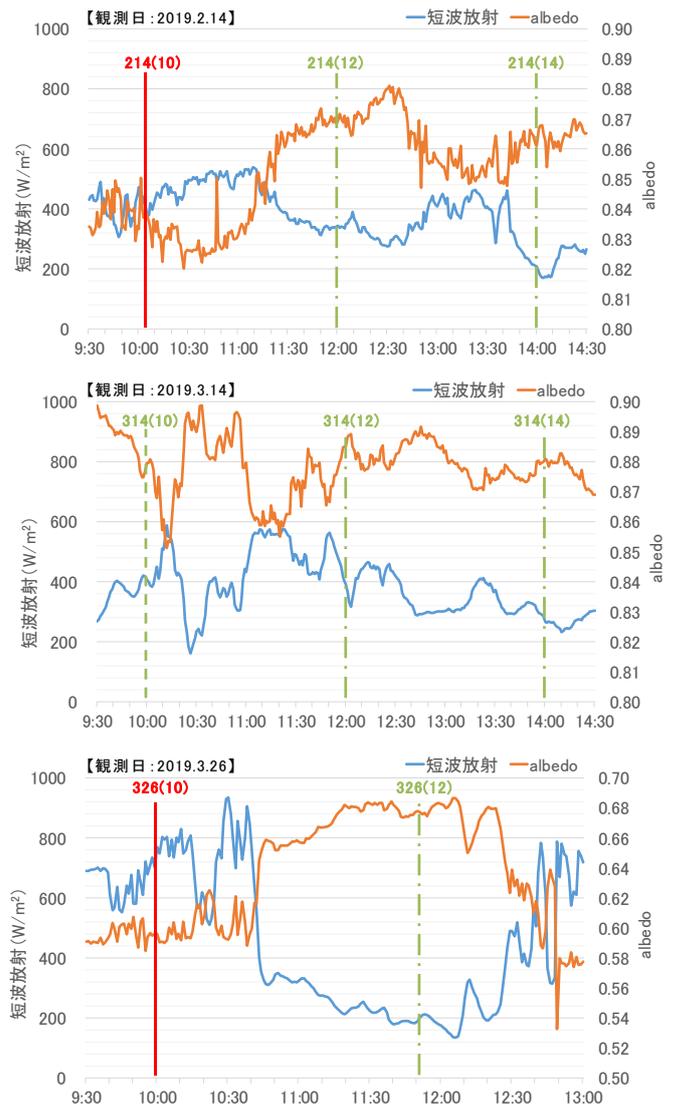


図-2 短波放射と albedo の推移