

1. はじめに

火山噴火緊急減災対策砂防計画で想定している緊急調査は、噴火（あるいは活動の活発化）に伴い行うため、季節を問わず実施することとなる。豪雪地帯の活火山であれば、2018年1月に噴火した草津白根山のように、冬期にも UAV を用いた緊急調査を行う可能性がある。

このような背景から、緊急調査(冬期)でUAVをどの程度活用できるか把握するため、下記点について現地検証調査を行ったので、報告する。

- ・ UAV の耐久性検査（寒冷期の UAV 飛行におけるバッテリーの消耗状況等の確認）
- ・ UAV 計測による積雪深の精度検証

2. 調査に用いた機体の選定

本調査で用いた機体は、緊急調査での活用実績・場面想定（表 1）に基づき選定した。

表 1 緊急調査時の UAV 活用を想定した機体の選定

機種	機体名	利用場面・撮影内容(冬期噴火した場合)
小型 UAV	PHANTOM 4PRO	【利用場面】調査時、職員の見として、周辺状況を撮影 【撮影内容】火口周辺の様子(崩壊等の地形変化等)、噴出物の飛散、土砂移動現象(土石流、泥流)の発生状況、被災状況
小型 UAV	MAVIC2 Pro	【利用場面】調査時、職員の見として、周辺状況を撮影 【撮影内容】小型軽量なため、流域内調査に活用(ナップサックで運搬)土砂移動現象、周辺状況(降灰、積雪)等
中型 UAV	INSPIRE 1Pro	【利用場面】鎮静後、火口周辺の状況を精度良く撮影 【撮影内容】火口周辺の様子、噴出物・土砂移動現象、被災状況等を高解像度かつ鮮明な写真として撮影
UAV レーザー	PD-6BL	【利用場面】鎮静後、火口周辺の状況を精度良く計測 【撮影内容】雪面計測(融雪泥流の規模想定)／噴火鎮静後、地形改変(崩壊等)状況の計測等

3. UAVの耐久性検査

UAV を低温下でフライトさせると、バッテリー消耗により急激に電圧が低下し、飛行時間が短くなったり、墜落するといった事例がある。

そこで、実際に寒冷期に UAV を飛行させ、バッテリーの消耗状況を確認するとともに、急激な電圧の低下を避ける方法について検討を行った。

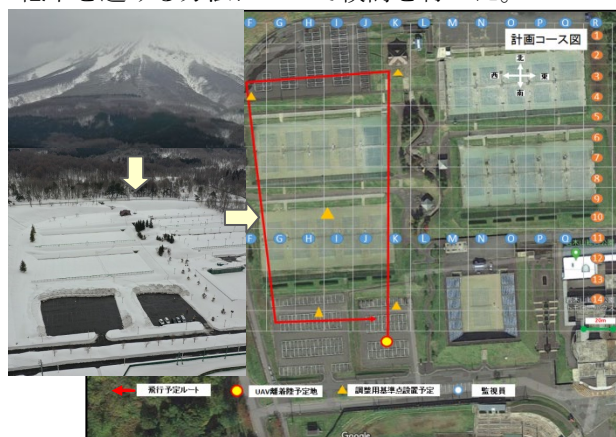


図 1 調査飛行計画（岩木山総合運動公園）

3.1. 調査方法

対象機体の飛行データログからバッテリーの残量を整理した。記録項目としては、離陸時・着陸時のバッテリー温度、気温、飛行時間等とした。

3.2. 調査結果

1) バッテリー低下傾向の整理

気温 0℃を下回る場合、使用前のバッテリー温度により、飛行後の電圧低下の傾向が異なった。

使用前のバッテリー温度が低い場合、飛行直後に電圧が低下し、その後は不安定となる。飛行時間の目安となる「バッテリー容量と電圧の低下傾向」の不一致も確認された（図 2 右側）。

冬期に安全に飛行させるためには、飛行可能時間を安全側に見ること、急な電圧の変化を引き起こす操作（急上昇、急加速）等は極力避けることが望ましいと考えられる。

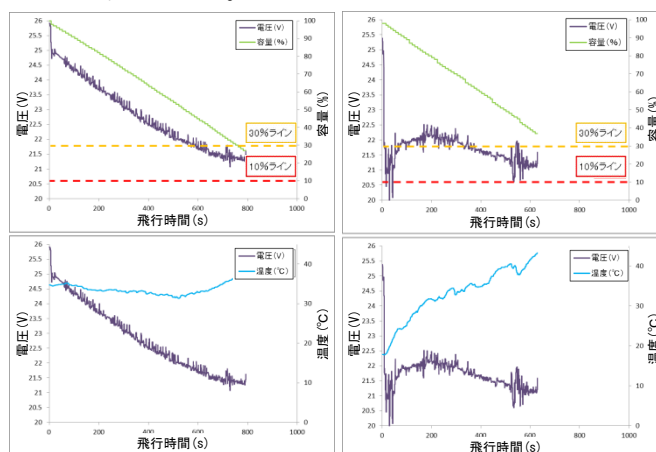


図 2 バッテリー容量(上)と電圧(下)の低下傾向の不一致
2) 気温の影響

飛行開始から終了目安である 22.5V(電圧フル充電の約 30%)を下回るまでの時間(電圧低下時間)と気温の関係について整理した。図 3 のとおり、気温と電圧低下時間(飛行可能時間)には相関が見られる。

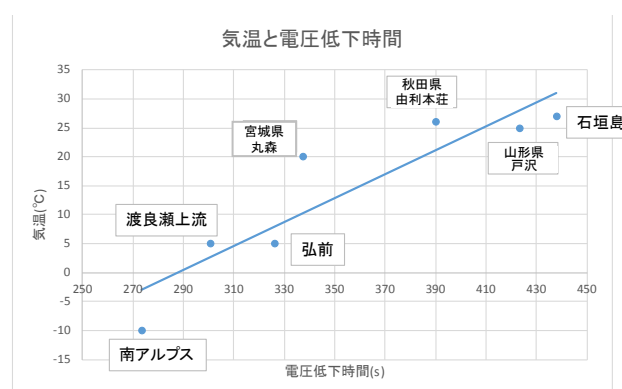


図 3 気温とバッテリーの電圧低下時間

4. UAV計測による積雪深の精度検証

UAVを用いて三次元モデリングを行うことにより、積雪深の推定及びその精度の検証を行った。

4.1. 調査方法

対地高度 100m と 50m で地上基準点の設置範囲を網羅するよう飛行し、積雪深(実測)と比較した。

4.2. 調査結果

1) 積雪深の推定 (差分解析)

UAV-SfM から作成した DSM (積雪面データ) と既往(H21)LP データから作成した DEM (地表面データ) の差分から、積雪深としての数値高さモデル (DHM) を求めた。精度検証のため、同エリアで UAV-LP 計測&差分を行い、その結果と比較した。

積雪深の推定値 (DHM) と実測値の比較結果は、図 4 のとおりである。UAV-LP と UAV-SfM の差は高度 100m で 3~13cm, 高度 50m で 8~9cm であった。航空 LP 計測データの標高精度 (調整用基準点と比較し±25cm 以内) に準拠すれば、UAV-SfM も精度的に問題はない。

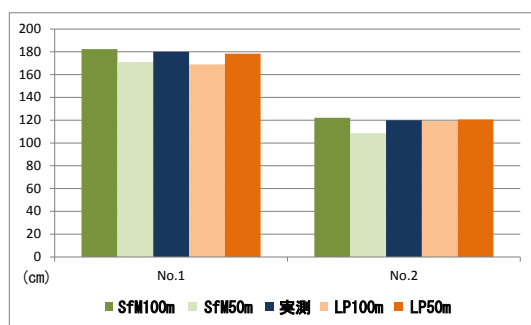


図 4 積雪深の実測値と推定値との比較

2) SfM による雪面の 3 次元モデリング

UAV (SfM) による 3 次元モデリングは、オーバーラップする写真の特徴点を抽出し、点群を作成するため、特徴点を見出しやすい場合、精度の高い結果が期待できる。一方、新雪で動物の足跡等も無い、あるいは撮影高度が高く足跡と認識できない場合、モデリングの精度が悪くなる傾向があった (図 5)。

断面図 (図 6) をみると、UAV-SfM50m は UAV-LP (50m, 100m) と概ね同様の断面形状を示したが、UAV-SfM100m は断面形状に凹凸がみられた。特に中央の平らな範囲で凹凸が著しい。これは、対地高度 100m 地点からだ、平らな面でかつ地表面までの距離が遠く、足跡や雪面の特徴点が認識できなかったためと推察される。

UAV-SfM により雪面をモデリングする際、雪面状況によっては、低高度で撮影することにより、良い結果が得られる可能性が示唆された。

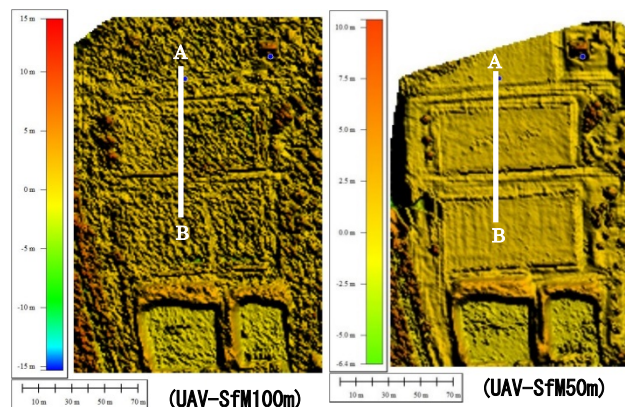


図 5 差分解析結果 (DHM)

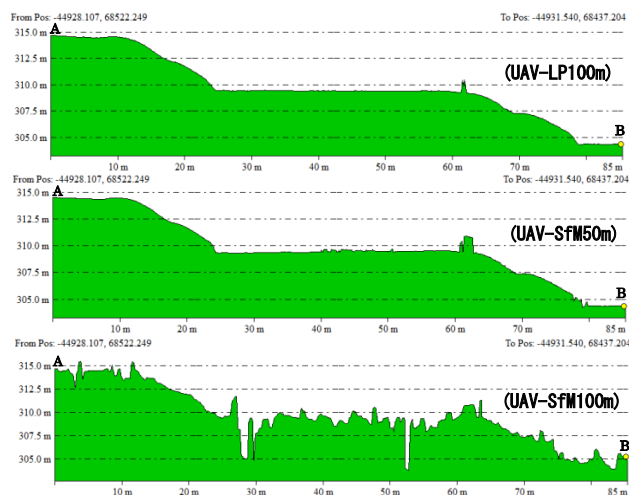


図 6 断面計測結果 (DSM)

5. まとめ (冬期 UAV 調査時の留意点)

1) 低温対策 (バッテリーの管理)

稼働中はバッテリーの発熱により温度低下は生じないため、稼働前のバッテリー温度の低下防止が重要となる。暖かい場所で充電し、稼働までクーラーボックスに湯たんぽやカイロ等を入れ、人肌程度の温度に維持しておくことが望ましい。

2) SfM 処理用に撮影する際の留意事項 (積雪環境)

積雪環境下では、多視点画像を接合させるための特徴点が少ないことに留意する必要がある。

- ・特徴点が多い環境→低高度でラップ率を確保しつつ、撮影する
- ・特徴点が少ない環境→低高度でのラップ率を確保した撮影が困難な場合、高高度で撮影する

6. おわりに

UAV は建設業界においても普及し、災害時の活用が当たり前になりつつある。火山噴火に伴う緊急調査 (特に初動調査) では、状況把握のため、UAV 活用の機会が増えていくことが予想される。

噴火警戒レベルが上がると立入り規制区域が広がるため、今後は、位置情報の精度確保に調整用基準点を用いない手法 (RTK 方式, PPK 方式) についても検証していきたい。