

## UAV 撮影画像を用いた工事用道路斜面の 3 次元地形解析と対策工設計への活用

立山砂防事務所 福田光生、石井崇、川合康之、四十谷朋子  
アジア航測株式会社 ○高山陶子、澤陽之、船越和也、富田康裕、影山高史、熊倉歩

### 1. はじめに

立山砂防事務所では、常願寺川上流域からの土砂流出による災害を防止するため砂防工事を進めており、工事に必要な人員、資機材の輸送、運搬には、工事専用軌道および工事専用道路が重要な役割を担っている。これら軌道や道路の斜面は、急峻な地形と脆弱な地質という流域の立地条件から、斜面災害が発生しやすい条件下にある。そのため、防災カルテを作成し、点検ポイントについて毎年の点検を行っているが、比高が大きく急峻な岩盤斜面など登攀困難な箇所も多く、目視点検を補足する効果的な手法が課題であった。

そこで、近年活用が進む小型無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) により高解像度の空中写真を撮影し、点検ポイントの変化や対策施設状況の確認に活用が可能であるかを検討した。さらに、三次元形状復元技術 (Structure from Motion, SfM) の技術を組み合わせ、UAV 撮影画像から作成した斜面の三次元モデルデータより、対策工設計への活用可能性について検討した。その結果について報告する。

### 2. 対象地区

軌道における防災カルテ点検箇所の中から、目視での上方確認が困難な箇所として、8 箇所については斜め写真撮影を実施し、工事用道路スゴ谷線の岩盤崩落斜面については、UAV により撮影した画像から 3 次元モデルを作成し、その活用について検討を行った。

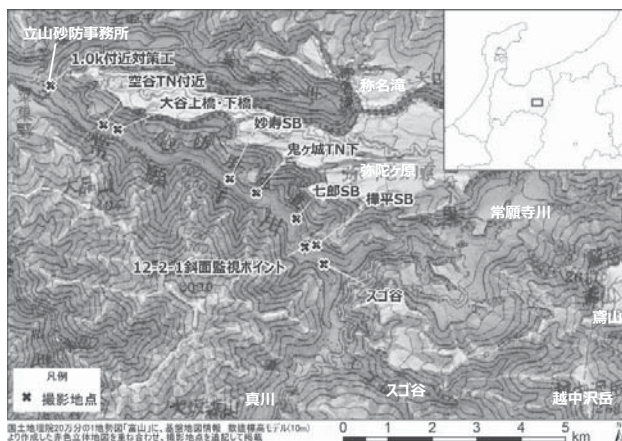


図-1 UAV 撮影対象箇所位置図

### 3. UAV による斜面情報の取得

#### 3.1 空中写真撮影

2015 年 10 月 22 日 (曇)・10 月 23 日 (晴) に UAV を用いて対象範囲の撮影を行った。使用した UAV 機体は SPIDER, 使用したカメラは SONY α 7R である。

斜面の複雑な形状をもれなく取得するため、オーバーラップ 80%, サイドラップ 60%以上となるよう、目視および FPV(First Person View)で確認しながらマニュアル操縦にてインターバル撮影を行った。

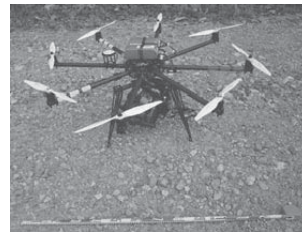


図-2 使用した UAV と撮影状況

#### 3.2 調整用基準点測量

スゴ谷線の岩盤崩落斜面については、3 次元モデル作成の際位置を合わせるための基準点 (Ground Control Point, GCP) を計 6 点選定し、対空標識を設置して、スタティック法により座標を取得した。

#### 3.3 3 次元モデル作成

撮影した写真画像をもとに、ステレオマッチング手法により特徴点の標高情報を自動取得し、ワイヤフレームモデルにテクスチャ画像を生成した 3 次元モデルを作成した。作成には、Bentley 社製「Context Capture」を使用した。作成したモデルは、アジア航測製ビューワ「LaVFinder」に搭載した。



図-3 作成した 3 次元モデルのビューワ表示例

## 4. 活用検討

### 4.1 点検ポイントの状況把握

工事用軌道及び道路は、節理の発達した溶岩壁末端や崩積岩塊斜面の裾部を掘削して通過しており、切り立った斜面や露岩が多くみられる。そのため、定期点検時に斜面の上方の様子が視認できない箇所も多い。そこで、地上からの目視点検を補足する UAV を用いた斜面状況の把握手法について検討した。

その結果、地上解像度約 1cm の空撮画像により、岩盤の亀裂(図-4) や落石防護柵背後の土砂堆積状況(図-5) など、目視では確認困難な点検ポイントの状況を、鮮明かつ効率的に把握できることが確認できた。



図-4 点検対象斜面の UAV による撮影例 (浮石の状況)

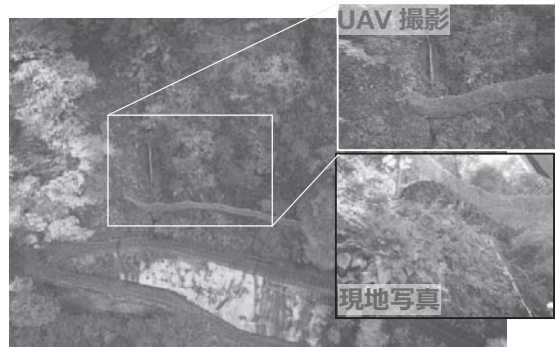


図-5 点検対象斜面の UAV による撮影例 (対策工の状況)

### 4.2 3次元地形解析と対策工設計への活用

3次元モデルを作成したスゴ谷線は、工事用道路沿いにオーバーハングした岩盤斜面が存在する場所である(図-3 参照)。破碎工による落石源除去工事が実施済みであるが、表面の亀裂の緩みによる剥離落石が懸念されることから、落石防護工の検討を行った。

破碎除去前後の現地写真を図-6 に示す。オーバーハング部は除去され、岩体重心位置は下方に移動し安定化が図られている。破碎箇所周辺を 3次元モデルで拡大表示し図-7 に示す。任意視点からの表示や拡大縮小が可能であるため、目視では困難な亀裂等の状況が詳細に確認できる。岩盤には雁行状の亀裂が発達し、径 0.5m 程度の落石の可能性があることが明らかとなった。これらの状況を考慮し、落石防護工設計を実施した。

なお、3次元モデルを構成する特徴点は XYZ の座標を保持しているため、グリッドデータ (Digital Surface Model, DSM) 等の作成も可能である。5cmDSM より作成した赤色立体地図 (NETIS SK-130008-A) の例を図-8 に示す。

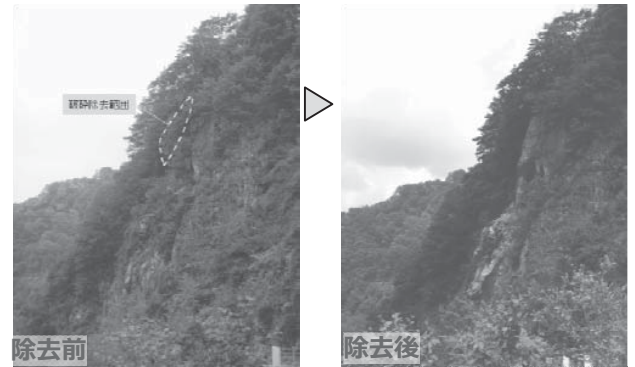


図-6 破碎除去前後の現地写真

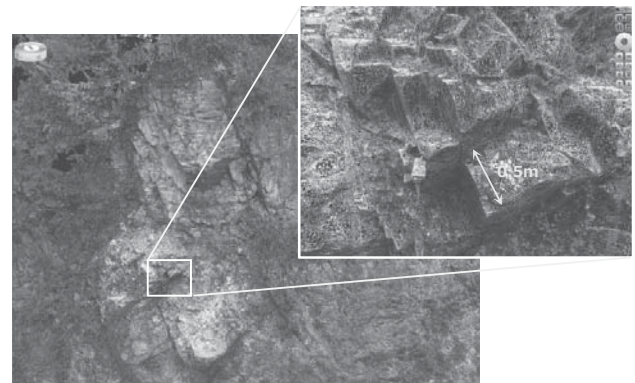


図-7 破碎箇所周辺の 3次元モデルと拡大ワイヤフレーム表示

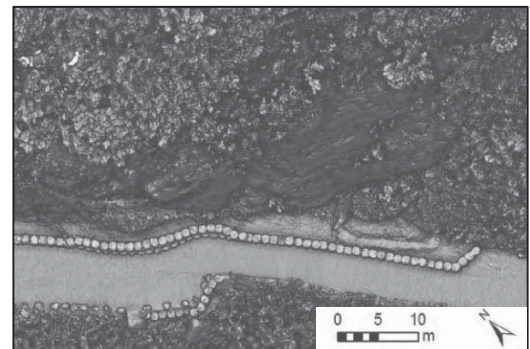


図-8 5cmDSM より作成した赤色立体地図

## 5. まとめ

以上の検討より、UAV を地上から目視困難な地点の補足点検に活用することで、効果的・効率的な点検が可能となることがわかった。また、UAV 撮影画像より 3次元モデルを作成すれば、高精度の地形データが簡便に取得可能であり、災害等緊急時の応急対策検討などに有効であることが明らかとなった。

今後は、従来の目視点検、ヘリコプター点検に加えるように UAV を活用するか運用面の検討が望まれる。