

# UAVによる画像およびレーザ計測データを 活用した資材運搬路における調査について

砂防事業区域内における安全な工事実施に向けて

キーワード：UAV(無人航空機), 斜面調査, 砂防事業, 航空レーザ計測, 3次元地形データ

国土保全コンサルタント事業部

澤 陽之

国土保全技術部

山口 悠・影山 高史

## はじめに

砂防事業が実施されている区域では、砂防施設の建設や維持管理に必要な資材を運搬するため、工用道路等の資材運搬路が整備されています。特に直轄砂防事業として長期にわたり工事を実施している区域では、資材運搬路の維持および安全管理が必要です。砂防事業区域は土砂移動の活発な急峻な地形が多く、資材運搬路周辺には、崩壊や落石、土石流の発生の危険性の高い箇所が数多く存在します。また、積雪により冬季間は工事が中止になる場合が多いことから、短い工事期間の間に維持管理に必要な作業を行う必要があります。資材運搬路における安全対策については、斜面調査を実施し、対策工

の設置、維持管理が行われていますが、資材運搬路の延長は砂防事業区域内において数 km におよぶ場合があり、施設管理者や使用者が資材運搬路の調査を実施して、すべての危険箇所を把握することは困難な状況です。

そこで、本検討では、近年活用が進む小型無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)を利用して、資材運搬路周辺のレーザ計測および写真撮影を行いました。取得した3次元地形データを用いて、詳細な斜面の地形図を作成し、落石発生源等の危険箇所を把握するとともに、3次元地形データを用いた対策検討についてご提案いたします。

## UAV(小型航空機)による斜面情報の取得

検討対象とした直轄砂防事業区域内の資材運搬路の斜面は、露岩地が分布し、浮石・転石が点在する落石の危険性が高い斜面です。斜面内に立ち入り踏査をする際も、斜面下方に資材運搬路があるため、落石による被害発生が懸念されます。そこで UAV を用いた空中写真撮影を行うとともに、レーザ計測により詳細な地形データを取得し、落石発生源の抽出を行いました。

UAV による空中写真撮影およびレーザ計測に使用した機体は SPIDER-EX です。レーザ計測機器は RIEGL VUX-1 を使用しています(図1)。撮影およびレーザ計測は、撮影・計測に最適な飛行コースを事前にプログラミングさせ、自律航行により行いました。また、水平位置および標高の精度を高めるため、調整用基準点を5点設置し、衛星測位による測量も実施しました。



図1 計測に使用したUAV機材

撮影した空中写真は、連続した複数の写真を重ね合わせて三次元化する手法である SfM/MVS (Structure from Motion/Multi-View Stereo) 手法を用いて三次元モデル化しました。作成したモデルは、アジア航測製ビューワ「LaVFinder」に搭載し、任意の地点から斜面状況を確認するとともに、拡大表示をすることで落石発生源の状況を詳細に確認することができます(図2)。また、5cm 解像度の詳細なオルソ画像も作成しました。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、X・Y・Zの座標を持った点群データとワイヤフレームモデルにテクスチャ画像を貼り付けて3次元モデルを作成しました。3次元モデルの作成には、Bentley 社製「Context Capture」を使用しました。



図2 UAV画像データより作成した斜面の3次元モデルと落石発生源の確認状況

## 3次元地形データによる崩壊・落石発生源の確認と斜面管理への活用

写真では把握できない樹木下の地形・転石等を把握するため、レーザ計測を実施しました。レーザ計測は、UAVに搭載した計測装置からレーザを地表に向けて発射し、地表から戻ってくる時間差を調べて距離を求める仕組みです。1m<sup>2</sup>当たり数百点のレーザ光を地表に向けて照射することで、高い精度の地表の3次元データの取得が可能です。取得したレーザ計測データは、植物等の不要な情報を除去するフィルタリング処理を行った後、地表面の点群データ（グラウンドデータ）、20cmメッシュ数値地形データ（DEM）、赤色立体地図を作成しました（図3）。赤色立体地図は地形データから作成した各種地形フィルタの計算結果を画像に変換・合成した一種の疑似カラー画像です。傾斜量を赤色の彩度（あざやかさの度合い）で、尾根・谷を赤色の明度（明るさの度合い）で表現したもので、平面図に表示された地形をどの向きからも立体的に認識することができます。UAVにより取得した計測データについては、現地踏査を実施し、データと現地状況の差異を確認しました。その結果、植生被覆のある場所を含めた斜面全体の微地形や巨礫の位置関係がレーザ計測データで作成した赤色立体地図で確認できました。

また、レーザ計測により取得した点群データと3次元モデルから斜面上の転石・浮石の位置と規模（大きさ）を精度良く把握することができます（図5）。取得した3次元地形データから断面図を作成し、落石シミュレーションによる落石規模や範囲の推定のほか、落石対策工の配

置計画の検討、設計を実施することができます（図6）。

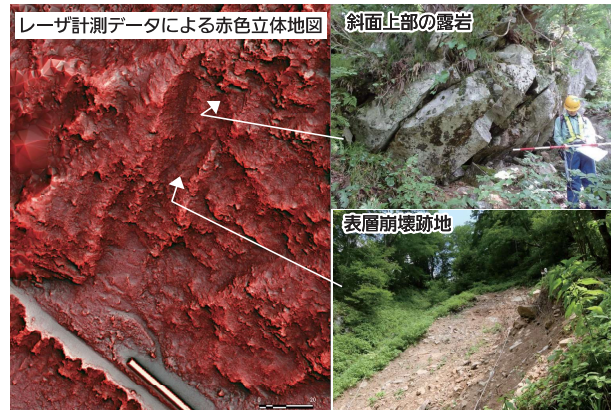


図3 UAVレーザ計測データから作成した赤色立体地形図と現地状況

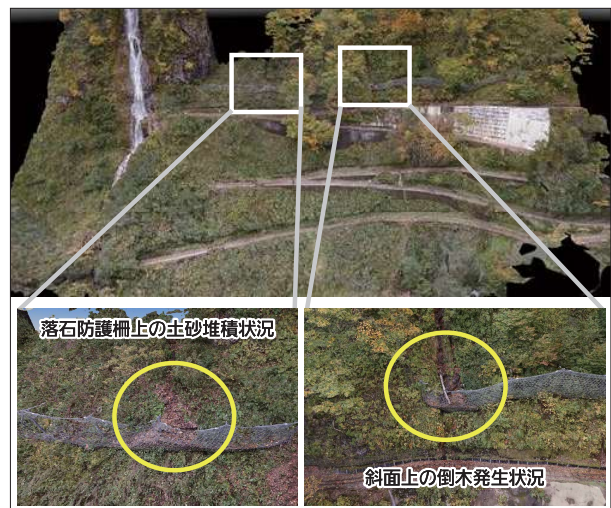


図4 3次元モデルによる落石対策工の確認

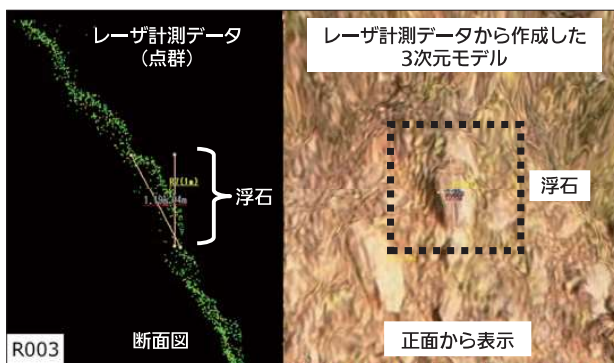


図5 UAVレーザ計測データから作成した地形断面図（点群データ）と斜面上の浮石（3次元モデル）

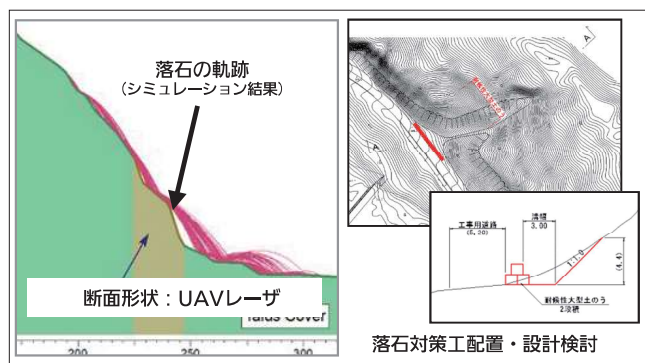


図6 レーザ計測データから作成した断面図を使用した落石シミュレーションや落石対策工の配置・設計検討の実施

## おわりに

本検討では、UAVによる連続的な空中写真とSfM/MVS技術により特に露岩地や崩壊地における斜面状況を詳細な3次元データとして面的にとらえることができました。また、UAV搭載型レーザを用いた計測により、植生の被覆の有無に関わらず斜面全体の微地形や落石発生源の位置関係を詳細に把握することが可能となりました。

斜面状況に応じてこれらの手法を組み合わせ、効率的かつ高精度な斜面状況を把握することができます。アジア航測は、既存の航空レーザ計測データや測量データも活用し、砂防事業区域内における資材運搬路の斜面情報の取得に対し現地状況に応じた計測手法を提案し、より効果的・効率的な調査と適切な対策工の検討を行います。