

## UAV 自律飛行による砂防施設点検の一般化に向けた検討

国際航業株式会社 ○高木 秀一郎、堀 大一郎、清水 幹輝、山下 久美子、青戸 一峰、河合 貴之  
国土交通省関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所 守谷 武史、田島 正裕、高橋 忍

### 1 はじめに

近年、UAVの普及に伴い砂防施設点検への活用が検討され、従来の目視点検に比べ省力化・安全化が期待できることから、本格的な導入が求められる段階となっている。

本報告では、UAVを砂防施設点検に実装することを目的として、使用者を限定しない汎用機を用いた試行点検を行い、適用条件を明らかにしたことから、その結果を報告する。

### 2 機体の選定

早期の点検への実装を目指す観点から、使用者を限定しない汎用機の使用を前提とし、次の観点から機体を選定した。

- ①市販されており砂防分野での実績がある（導入が容易）
- ②障害物検知機能を有している（安全性重視）
- ③事前に設定したルートを自動で飛行する（自律飛行可能）

この結果、DJI社の3機種：「Phantom4 Pro」、「Air 2S」、「Mavic3」を選定した。

### 3 航空レーザを活用したUAV点検適応性の検討

砂防施設周辺に植生が繁茂する場合は上空からの視認性が悪く、UAVでは施設の状態を確認できないことや、植生と接触するリスクなどが考えられる。また、渡良瀬川流域の砂防管内は急峻な山地のため、UAV飛行に必要な衛星測位が困難な範囲が存在する可能性も考えられる。

本報告では、既存の航空レーザ測量成果を用いて、管内の植生繁茂の状況や上空の開度を把握し、UAVによる点検適応性の検討を行った。検討では、流域および施設周辺の樹高や地上開度を3次元点群データの解析で可視化することに加えて、送電線や橋梁など、UAV飛行の支障となる構造物の位置や標高を抽出し、現地調査で植生や衛星受信の状況を確認して総合的な評価を行った。

また、砂防施設周辺では、UAVをどの程度接近させられるかや操縦者や機体監視員の配置を確認するため、航空レーザのオリジナルデータを点群ビューアで表示し、技術者が目視確認することで、施設周辺の植生の枝葉の状況や地形を詳細に確認した（図-1）。

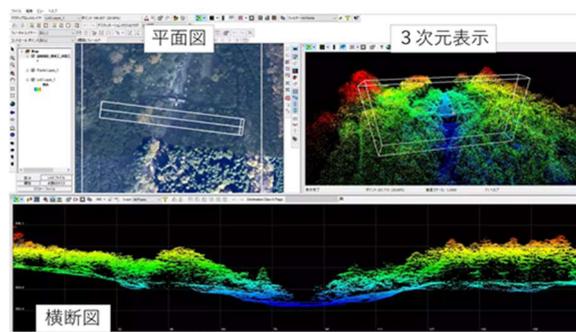


図-1 航空レーザ測量成果 オリジナルデータの活用例

### 4 汎用型UAVによる自律飛行での適用条件の検討

汎用型UAVを使用した自律飛行を計画する上で、①安全な飛行計画に設定すべき余裕幅、②汎用型UAVのカメラで施設の変状を確認するための撮影方法、③比高150m以上の施設の点検方法、④複数時期データの比較、などの課題があり、それぞれについて試行点検を実施して適用条件の検討を行った。

#### 4.1 自律飛行時の空間精度の検証

自律飛行を計画する際、植生や砂防施設に衝突するリスクを回避するために、どの程度の位置ズレを想定すべきかの検証を行った。

検証ではフライトコースと計測点を設定し、計測点においてUAVをホバリングさせ、ノンプリズムトータルステーションによりUAV機体の座標と高度の計測を行った（図-2）。なお、検証は風速5m程度とUAV飛行には悪条件の状況下で実施した。

結果は、水平方向での最大は3.34m、垂直方向では最大3.62mであった。確認された水平・垂直で約3.5mの位置ズレから、自律飛行の計画立案では、安全側の設定として機体から半径5mの余裕幅を確保することとした。

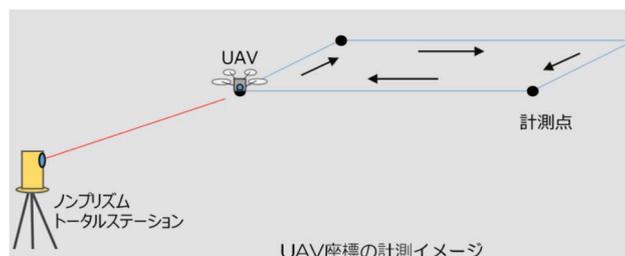


図-2 UAV座標計測のイメージ

## 4.2 撮影方法の検証

砂防施設の状態を確認するためには UAV ができるだけ砂防施設に接近することが望ましいが、植生等の障害物との衝突リスクや1回のフライト時間が限られることなどから、飛行高度や撮影方法について検証を行った。

検証では、高度やカメラアングルなど撮影方法を変えて撮影した画像を用いて、既往の点検で確認されている変状がどの程度識別できるかの検証を行った。

試行点検により撮影した静止画及び動画データを基に、砂防施設等の変状箇所の見え方や飛行設定について整理、検討を行い、明らかになった砂防施設点検に適した飛行設定の要点を以下にまとめた。

### (1) 高度設定

点検時の飛行のコースは、堤長や谷形状・植生を考慮して設定し、下限値は 30m (20~40m) とする。

### (2) 撮影方法

点検時の撮影は、3次元モデルでの管理や点検個票への写真貼付を考慮して、鉛直と斜めの静止画撮影とする。状況把握の面では動画も優れているため、災害時の緊急調査では動画撮影も有効。

### (3) 堤体正面での昇降・首振り撮影

堰堤正面に 10m 程度のクリアランスが確保されている施設では、垂直降下して堤体を撮影することで、変状を詳細に確認することができる。

## 4.3 比高 150m 以上の施設に適した飛行方法の検証

渡良瀬川流域の砂防管内には、多数の山腹工が設置されている。例に挙げる「松木川山腹工」の比高は 166 m であり、飛行高度を一定として全体を撮影した場合、航空法で規制された対地高度 150m 以上の空域に侵入してしまう。また、地上解像度は一定にはならず、状況把握や 3次元モデルの作成に不適である。

検証では、対地高度が一定となるように斜面比高に応じたフライトコース(コンターフライト)を設定し、撮影を行った(図-3)。

結果として、精度を合わせた標高・地形データを取得することができた。

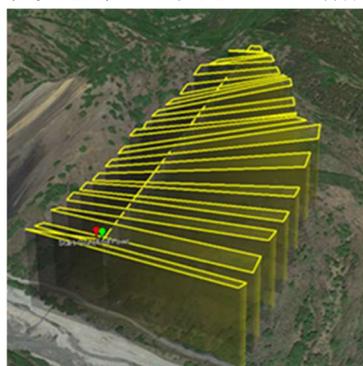


図-3 松木山腹工の飛行経路イメージ

## 4.3 3次元点群データの精度向上に向けた検討

砂防施設の状態を画像から目視確認するだけであれば、UAV 撮影だけで問題ないが、複数時期の 3次元点群データを比較して堆砂量の変化や災害時の崩壊土砂量を把握するためには 3次元モデルの位置精度が課題となる。

UAV で撮影した画像データを用いて SfM により 3次元点群及び地形データを作成する場合、計測データ間の 3次元データの位置ズレを確認、補正する必要がある。なお、この位置ズレは GCP (グラウンドコントロールポイント: 位置座標を取得した地上点) を用いて補正することができる。

検証では、現地計測 GCP や既存の地物端点を GCP とした場合の位置ズレ補正の程度を確認した。はじめに、UAV レーザや航空レーザの 3次元モデルを正解データとして、UAV 撮影写真から作成した 3次元点群データとの差分解析を GCP による補正の有無データで実施した。その結果、現地計測 GCP による補正によって、比較的傾斜の緩い範囲では、位置ズレは航空レーザと同程度まで改善されることを確認した(図-4)。次に、既往の地形データを用いて GIS 上で設定した不動点(UAV 写真で位置特定が可能な特徴点)を GCP として利用する手法を検証した。その結果、撮影範囲の端部に地物がなく GCP を適正に配置できなかったことも原因と考えられるが、現地計測 GCP による補正の精度には達しないものの、GCP なしの 3次元データに比べれば一定程度の精度向上は確認できた。

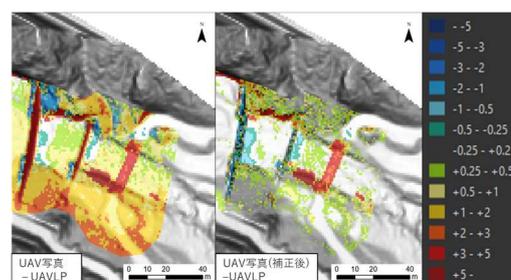


図-4 LP 計測データと UAV 写真による 3次元データの差分解析結果を GCP による補正前後で比較した図

## 5 おわりに

本報告はレベル 2 自律飛行による試行検証結果であるが、今後はレベル 3 自律飛行に向けて新たな課題の抽出や検証を実施し、砂防施設点検の効率化・高度化を進めていく必要がある。UAV は機器の進化が著しいため、UAV 点検の適応性が高い施設から実装し、最新の技術動向を確認しながら段階的に点検計画をブラッシュアップしていく必要があると考える。