

土石流の発生を想定した遠隔操作によるUAV渓流調査手法の検討

神通川水系砂防事務所：石井 崇，元平 幸成，岡嶋 康子，真安 智大
 日本工営株式会社：○山田 真悟，三池 力
 技建開発株式会社：松下 直樹，多田井 健人
 株式会社セキド：大岡 聡

1. はじめに

近年，建設業界の技術発展及び人材不足等の課題解決のために無人航空機（UAV）を用いた省力化・効率化を目的とした利活用が進められている。

神通川水系砂防事務所管内に位置する白谷（図1）では土石流が頻発しており，工事の安全対策として除石が行われている。土石流発生時には下流に位置する国道や工事機材が被災するリスク等も想定されるが，職員が現地へ出向き，迅速に調査する際には多くの課題がある。

このような土石流発生直後の迅速な渓流調査を想定し，定量的な土砂動態を把握することを目的としてUAVDOCKを用いた遠隔操作による渓流点検および写真測量データの自動解析（標高差分解析）に関する現地検証結果について報告する。

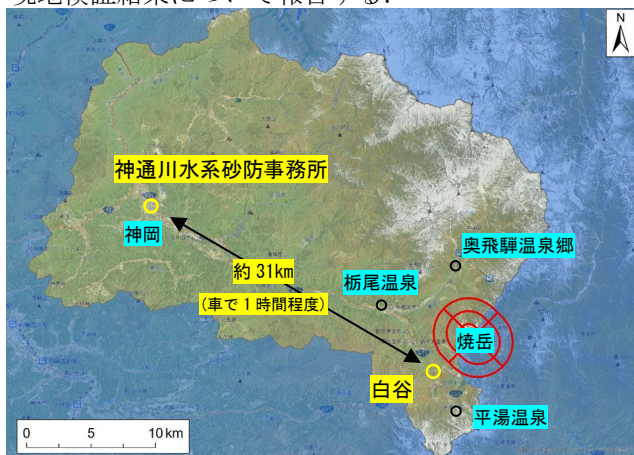


図1 神通川水系砂防事務所と対象流域の位置図

2. 試験設置機材

現地検証の機材は本設置・運用を踏まえ，屋外に常設が可能かつ，降雨イベント後の渓流調査において遠隔操作可能なUAVDOCKの比較を行い，本検証ではDJIDOCK（図2）を選定した。

3. 試験飛行計画の概要

3.1 通信環境

本設時には光ケーブル等での通信を検討中であるが，検証における通信環境（図3）は，通信速度が確保できるStarlink（衛星回線）を採用した。

3.2 監視体制

現地の監視体制は，不測の事態に備え機体を制御可能なようオペレータを配置し，近接する国道についても飛行範囲外であるが監視員を配置した。

3.3 飛行ルート

飛行ルートは，定量的な河床変動量把握と上流域を含めた流域の状況を把握することを想定し，以下の2フライト（図4）の撮影を実施した。

- ・垂直写真撮影（河床変動量把握を目的）
- ・俯瞰撮影（上流域や斜面部を含めた状況把握）



出典：DJI Enterprise 公式 HP よりスペック-DJI DOCK - (一部抜粋)
<https://enterprise.dji.com/jp/dock/specs>

図2 選定したUAVDOCK

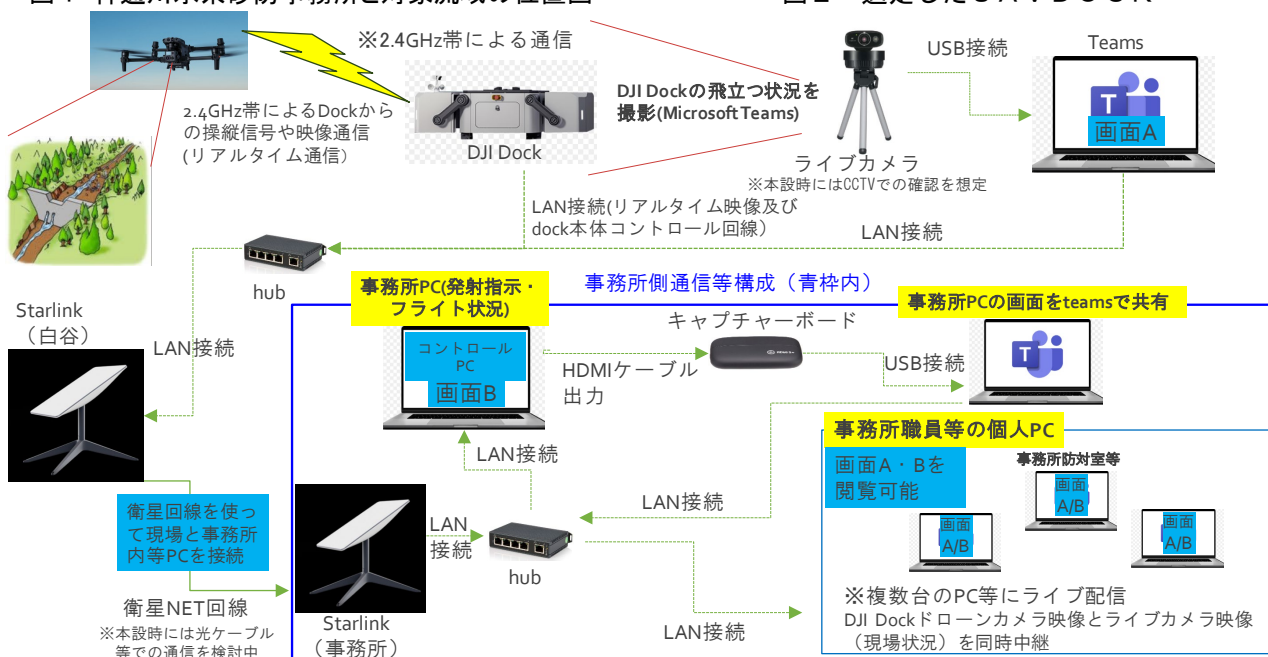


図3 検証実験における通信環境

3.4 飛行のながれ

検証飛行は今後の本設置を踏まえ、以下の流れで実施した。

- ①監視体制の準備
- ②事務所での離陸スイッチ押下
- ③無人自律飛行（リアルタイム中継・配信）
- ④データ送信（着陸後自動でクラウドへ送信）
- ⑤SfM 解析（クラウド上において自動解析）
- ⑥標高差解析（将来的には自動化予定）
- ⑦河床変動量の定量評価を出力

4. 試験飛行の結果と課題

4.1 試験飛行結果

事務所からの遠隔操作（図5）により、離陸～撮影（飛行ルートおよび撮影画像のリアルタイム配信）～着陸～データ送信～SfM 処理（オルソ画像の作成）～差分解析までの一連の動作が計画通りに実行されたことを確認できた。

垂直写真撮影では、DOCK に帰還後に自動で撮影データがクラウドに送信され、その送信された画像を使用してオルソ画像、三次元点群データを作成した。作成したオルソ画像は地上解像度 3 cm 程度であり堆積土砂の粒度分布（礫径）等を把握するのに十分な品質が得られた。作成した三次元点群データは過年度に取得された地形データを用いて標高差解析を実施し、計測範囲全体での土砂収支が算出できることを確認した。また、解析図を出力することで河床変動を視覚的に確認できた（図6）。以上から、垂直写真撮影の飛行ルートを事前に設定しておくことにより、定量的な土砂動態データを数時間後には把握することも可能であることを確認した。

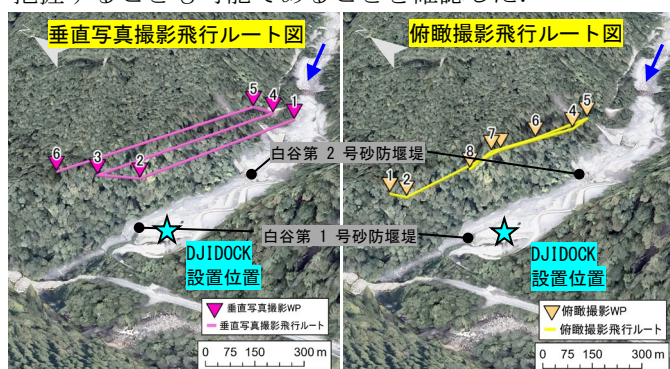


図4 設定した飛行ルート図

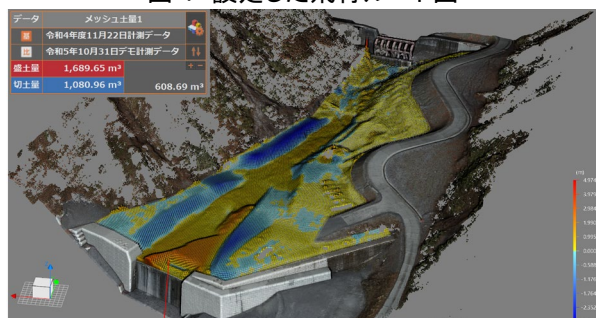


図6 作成した標高差解析図

俯瞰撮影では、高压電線等制約条件により飛行範囲を対象溪流の一部に限定していたが、ズーム機能を活用（図7）することにより、近接できない施設や上流の河床状況も鮮明に確認することができた。

一連の飛行状況は、図3に示した通信環境によりリアルタイム配信を実施している。本通信環境は本設置で想定している環境よりも劣る条件であったが、画像や音声に顕著な乱れや遅延が発生することなく現地の状況、UAV カメラ、UAV の飛行状況を同時に複数の PC で共有できることを確認した。

4.2 試験飛行から得られた課題

試験飛行を行ったことで明らかとなった、解決すべき主な課題は次のとおりである。

- ・補助者無し飛行となるため、機体の離着陸時の周囲への稼働周知方法を検討する必要がある
- ・不測の事態に備え、自動帰還の挙動を踏まえた飛行設定及び DOCK 位置の検討が必要である
- ・土砂収支の算出では GCP の自動認識や土砂収支算出範囲を事前設定しておく必要がある

5. おわりに

DJIDOCK を現地に設置し、UAV 遠隔操作による無人溪流点検を実運用するための現地検証の結果、定量的な土砂動態把握の自動化に有用な知見が得られるとともに、飛行時の安全管理やフライト設定に関する課題が得られた。

今後は CCTV 設置のために整備された光ファイバー通信を用いた通信環境や飛行時の安全体制確保などのハード面の検討に加え、撮影画像の自動解析手法について検討を進めていきたい。

6. 参考文献

- 1) UAV の自律飛行による砂防関係施設の自動巡視・点検に関する手引き 令和5年5月 国土交通省 近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター
- 2) UAV による砂防関係施設点検要領(案) 令和2年3月 北陸地方整備局 河川部
- 3) UAV 基地を用いた UAV 自律飛行による流域調査・砂防施設点検について 北本ら 2022 近畿地方整備局研究発表会



図5 当日の状況(左写真:現地, 右写真:事務所内)

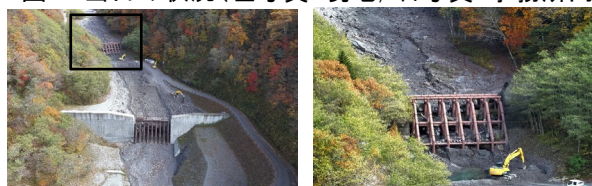


図7 当日の状況(左写真:通常, 右写真:ズーム)