

## UAV の自律飛行を活用した砂防施設点検の検証について

国土交通省 東北地方整備局 湯沢河川国道事務所 菊地純、渡邊繁行（現：能代河川国道事務所）  
パシフィックコンサルタンツ株式会社 ○菊池将人 澤田悦史 佐々木央

### 1. はじめに

砂防施設の点検は、施設機能の状況把握や構造上の損傷の程度やその原因の特定を行うため実施されるもので、これまで作業員の目視により実施されてきた。砂防施設の多くは山間部に位置しておりアクセスが困難な施設も少なくない。このため、作業員の目視による砂防施設点検は多大な労力を費やすことも多く、また施設全体を点検するために袖天端を乗り越える必要があり安全面でのリスクがある。

一方で近年、UAV の開発が進んでおり砂防施設の点検に UAV を活用することで点検時作業の安全性や効率性を向上できることが想定される。しかし、現時点では UAV を用いた砂防施設の点検に関する確立した手法がない。ここでは東北地方整備局 湯沢河川国道事務所管内に整備されている砂防堰堤 17 基を対象に、UAV を活用した砂防施設の点検に関する検証結果を報告する。

### 2. 検証概要

#### (1) 施設点検の内容

砂防施設点検要領(案)(令和2年3月、国土交通省 砂防部 保全課)によると砂防施設の点検は「定期点検」、「臨時点検」、「詳細点検」の3種類に区分されている。本検証では、「定期点検」を対象とした。

#### (2) 施設点検及び検証方法

UAV を活用した点検方法は写真撮影とレーザー計測が考えられる。双方とも施設変状を確認することができるが、本報告ではレーザー計測機器を UAV に搭載することなく容易に施設点検できる写真撮影とした。

検証方法は、UAV で砂防施設を撮影し画像に写っている施設の変状が砂防施設点検要領(案)で求められる精度を満足しているかを目視点検の結果も合わせて確認した。

### 3. 検証の前提条件

#### (1) 使用した UAV の機体

今回、砂防施設の点検に用いた UAV はホバリングをすることができ、施設まで接近することが可能で施設の変状等を計測することができる回転翼とした。使用した機体は DJI 社製の PHANTOM 4 PRO (Real Time Kinematic 機能を装備：以下、RTK) を採用した。

	重量(g)	1,388
	最大飛行時間 (min)	30
	有効画素数	20M
	最大伝送距離 (m)	4,000

出典：https://www.dji.com/jp/phantom-4-pro

図 1. PHANTOM 4 PRO のスペック

#### (2) 飛行方法

UAV の飛行方法は、操縦者がプロポから手動操縦する方法（以下、手動飛行）と、事前に作成した飛行ルートを自動飛行させる方法（以下、自律飛行）がある。表 1 に示すように、自律飛行は一度飛行ルートを設定したら操縦者によりルートを設定することなく同じルートを飛行することが可能であり、手動飛行と比較し一定品質の点検結果が得られると考えられる。本検証では、基本的に自律飛行で定期点検を検証するものとした。

表 1. 手動飛行と自律飛行の比較

飛行方法	特徴
手動飛行	・GPS精度に依存せず飛行することが可能 ・操縦者の技術によるが、比較的狭い場所や障害物に近い場所でも飛行することが可能
自律飛行	・操縦者の技術に依存せず定点観測が可能 ・施設点検の見落としが生じにくい

#### (3) 自律飛行のルート設定

自律飛行を行うためには事前にルート設定をする必要があり、①机上設定方法、②現地設定方法の2種類ある。双方とも作成したルートは後日同じルートで飛行させることができる。下表に示すように、①の方法は位置情報の精度がルート設定するためのソフトに依存し、詳細なルート設定が困難なため②の方法を採用した。

表 2. 机上設定方法と現地設定方法の比較

設定方法	ルート作成方法	特徴
①机上設定方法	事前に机上で作成したルートを現地で飛行させる方法 (PCやタブレット等で設定)	・位置情報の精度がルート設定するためのソフトに依存する ・比較的短時間でルート設定をすることが可能 ・ソフトにある地図情報が古い場合、ルート設定することが困難
②現地設定方法	現地にて手動飛行した軌跡をルートとして記録し、このルートを飛行させる方法	・位置情報の精度が高いルート設定が可能 ・本堤の上流法面や側壁護岸など角度が異なる面についても撮影することが可能 ・現地でUAVを手動飛行しルート設定するため時間がかかる

自律飛行のルートは、地表や施設等との離隔距離が 5m 程度となるよう設定した。これは、写真の精度や施設との接触に対する安全性、UAV 本体の GPS 位置情報の精度面から設定したものである。

なお、新規の変状を確認することができるよう飛行ルートは施設全体を撮影するルートを設定した。また、本検証は RTK を活用した施設点検を実施した。これは今回が定期点検において最初の飛行ルートの設定になるため、飛行ルートの位置情報の精度をより高めることや位置情報の誤差を小さくするためである。

#### (4) 自律飛行の条件

UAV のスペックや通信の特性を考慮し、表 3 に示すような条件がクリアできる環境下で、自律飛行による定期点検の検証を行った。なお、航空法（目視内飛行、対地高度 150m 以内等）や「無人航空機（ドローン、ラジコン等）の安全な飛行のためのガイドライン」を遵守し飛行を行っている。

表 3. 自律飛行の条件一覧

条件	理由
プロポと回転翼 UAV の間に障害物がない	プロポと回転翼 UAV の通信は直接通信であり、間に障害物があると操作不能になるため
GPS の通信状況が良好な環境	通信状況が悪い場合、位置情報の誤差が大きくなるため
対象施設周辺に樹木等の障害物がない	障害物に当たり墜落の危険性があるため

#### 4. 検証結果

##### (1) 自律飛行が困難な環境

自律飛行を検証した結果、下記の条件では自律飛行が困難となった。これら施設については手動飛行による点検を実施する必要がある。

- 対象施設が樹木に覆われている
- 対象施設の周辺に新幹線や高圧線が位置している
- GPS 環境が悪く位置情報の取得が困難、または誤差が大きい

##### (2) UAV を活用した定期点検検証

表 4. 目視点検と UAV 撮影写真の比較

変状の種類	目視点検	UAV による撮影写真の拡大図	備考
ひび割れ			目視点検と同程度の精度で変状を確認することができる。しかし、UAV 写真で最大幅が数 mm 程度の変状は確認困難
摩耗			目視点検と同程度の精度で変状を確認することができる。しかし、UAV 写真では水中の摩耗は確認することが困難
漏水			目視点検と同程度の精度で変状を確認することができる。
崩壊			目視点検と同程度の精度で変状を確認することができる。
浸食			目視点検と同程度の精度で変状を確認することができる。しかし、UAV 写真で最大幅が数 mm 程度の変状は確認困難
洗堀			洗堀は基本的に水中で生じる変状のため、UAV 写真で確認することが困難
空洞化			空洞化している箇所が常に流水がある箇所であり、写真では流水が反射し明確に変状を確認することが困難

表 4 に示すように、ほとんどの変状を UAV で確認することができ、定期点検で求められる点検精度を満足することが確認できた。しかし、空洞化・洗堀など水中で生じる変状は確認できなかった。また、下記のような変状は UAV で確認することができなかった。

- 最大幅が数 mm 程度の変状
- 樹木や障害物は近くにあり、施設に接近することができない箇所での変状
- タラップや鉄筋など小さい構造物での変状

#### 4. まとめ

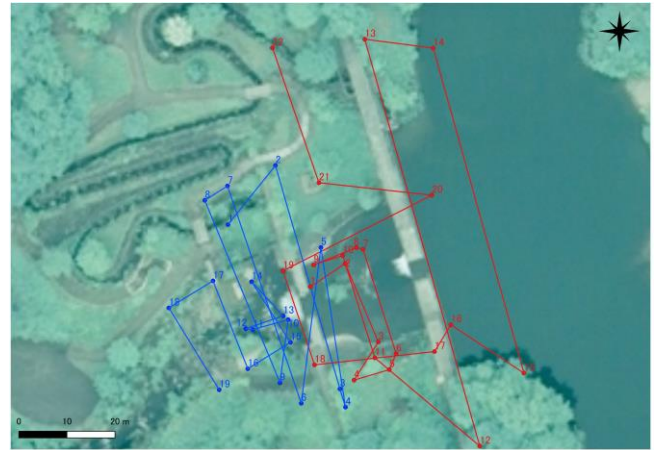


図 2. 自律飛行ルート図

本検証では、UAV を活用した施設点検においてほとんどの変状を確認することができた。しかし、UAV の自律飛行では確認できなかった一部の變状（空洞化・洗堀等）もあるため、目視による確認と併用して砂防施設全体の変状を把握することが望ましい。

また、UAV の性能や搭載するカメラによって撮影できる画像の精度が変わるため、今後の技術開発の動向を確認しながら砂防施設の点検に最適な手法を検討することが重要である。しかし、UAV の自律飛行では確認できなかった一部の變状（空洞化・洗堀等）もあるため、目視による確認と併用して砂防施設全体の変状を把握することが望ましい。

#### 参考文献

- 1) 砂防関係施設点検要領（案）、令和 2 年 3 月、国土交通省 砂防部 保全課
- 2) 砂防設備点検における UAV 活用の手引き（案）、令和 2 年 3 月、国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所
- 3) UAV の自律飛行による天然ダムの緊急調査及び被災状況把握に関する手引き、令和 2 年 3 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
- 4) 砂防施設点検を想定した UAV 活用の留意点について、2020 年度砂防学会研究発表会概要集、P697,698