

UAVによる砂防施設点検

石田哲也・後藤 健・宮島邦康・黒崎 弘

1. はじめに

令和元年6月21日小型無人機に係る環境整備に関する官民協議会決定「空の産業革命に向けたロードマップ2019～小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備～」では、令和元年度に「山間部等における目視内での短距離巡視・点検の検証」、令和2～3年度に「砂防施設等の維持管理へのドローンを用いた点検の自動化に着手」という方向性が示されている¹⁾。

全省庁としての施策に加え国土交通省北陸地方整備局では、平成30年12月26日にチャレンジ砂防プロジェクト²⁾を立ち上げ、砂防施設点検におけるUAVの活用検討を行い、令和元年度に山間部での目視内、目視外飛行の実証実験、令和2年3月に「UAVによる砂防関係施設点検要領（案）」及び「砂防設備点検におけるUAV活用の手引き（案）」（以下「UAV点検要領等」という。）をとりまとめ公表を行った。

UAV点検要領等の作成時において、UAVによる砂防施設点検の実施方法や点検精度など、一定の基準について作成することを目的に、北陸地方整備局管内の砂防関係2事務所にて実証実施した。

本報告では、UAVによる砂防施設点検の実証実験とUAV点検要領等の作成について報告する。

なお、ここでは無人航空機の総称としてUAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いる。

2. UAVによる砂防施設点検の実証実験

2.1 砂防施設点検実施における課題

砂防施設は、溪流や河川への土砂流出を抑制・捕捉・調節等や溪流における土石流による市街地などへの土砂災害防止を目的に整備され、山間部に設置されることが多い。砂防施設点検では、砂防施設までのアクセス路が斜面崩壊等により断絶されている場合や草木の繁茂などでアプローチが困難であることが多く、ハイダムや狭窄部の砂防

堰堤は近接目視ができないことから点検が困難という課題があり、点検者の安全面の観点から砂防施設点検に支障が発生している場合がある。さらに、今後想定される担い手不足の観点でも、砂防施設の点検の省力化や簡素化が求められている。

砂防事業におけるUAV活用は、火山噴火時の火山灰堆積厚調査等の緊急調査への活用³⁾、災害時の迅速な概況把握⁴⁾、現地踏査困難な崩壊斜面の地形把握⁵⁾に関するものがある。一方で、砂防施設の点検では、UAVによる撮影画像から外観の把握程度に留まっており、撮影画像から施設の損傷度を評価するまでには至っていない。これは、UAV等による撮影画像から、施設の損傷度を定量的に評価する基準が未策定であることが原因と考えられる。

2.2 砂防施設の点検時間と内業時間

砂防施設の点検は、整備した砂防施設の流水部等の摩耗、構造物の亀裂・損傷や変形など、整備した施設の状態を把握するものであり、点検は整備した砂防施設まで徒歩による移動が必要で、点検対象の砂防施設までの移動時間を含めて点検時間となる。さらに、点検結果をあらかじめ定めた様式に、過年度からの経年変化等が分かるようにとりまとめる内業がある。

砂防施設の点検時間と内業時間について、従来の徒歩による点検とUAVによる点検の点検時間と内業時間の違いについて、実証実験を行った。

(1) 点検時間

徒歩による点検は対象施設まで移動する必要がある、移動に時間を要する。一方で、UAVによる点検では対象施設までUAVが飛行できる地点への移動で点検が可能で、移動時間を短縮でき点検時間が短くなる傾向にある（図-1）。また、点検対象施設までの移動は山間部であることから、移動時に点検者が滑落するなどの事故が発生などの恐れがあり、危険を伴うことが多い。UAVによる点検は対象施設まで移動をしなくてよい場合

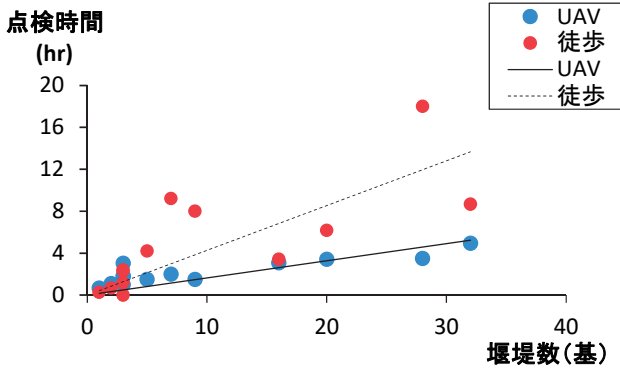


図-1 点検時間と点検施設数の関係

が多く、危険を伴う移動を回避できることから、点検者の安全性が向上する利点がある。

(2) 内業時間

徒歩による点検では、点検対象施設まで移動し、施設の変状位置や状況を直接確認でき、状況写真も位置を把握した上で撮影され、点検結果は比較的短時間でとりまとめが可能である(図-2)。一方で、UAVによる点検では、点検時に点検対象施設が撮影されているかの確認に留まり、点検対象施設の変状は内業で全ての撮影画像を拡大して確認するなど、点検結果のとりまとめには撮影画像枚数や撮影状況に影響を受け、点検対象施設の変状確認作業に時間を要する結果となった(図-2)。

2.3 UAVによる砂防施設点検の課題

UAVによる砂防施設点検は、点検対象施設まで直接行く必要がなく、危険な場所を通ることが極力避けられることから、点検時における点検者の安全面は格段に向上する。一方で、UAVによる砂防施設点検は万能ではなく、現地条件によっては従来の徒歩による点検を実施せざるを得ない場合がある。このようにUAVによる砂防施設点検を実施する際の課題は次のとおりである。

- (1) 支障物が多い場所の点検
 - ・点検対象施設に樹木が繁茂している場合は、UAVが進入出来ないため点検が困難。
- (2) 画像に写らない変状の点検
 - ・画像に写らない変状は、把握することが不可能。樹木や植生による被覆部や水中部、洗掘の奥行き等は把握が不可能。
- (3) 堰堤からの落水が激しい場所周辺の点検
 - ・落水で生じる吹き上げで、UAVの飛行が不安定になるため十分な離隔が必要。
 - ・レンズに水滴が付着し、撮影の妨げになる。

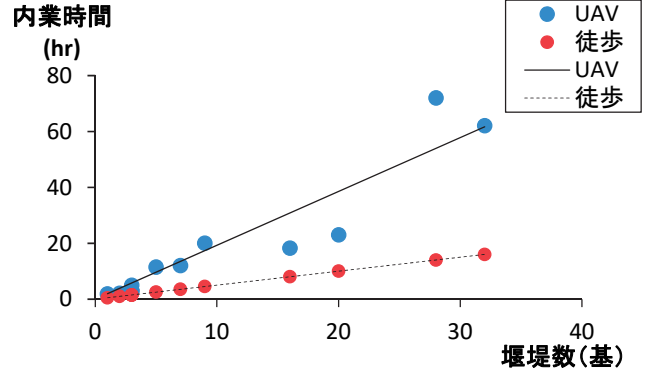


図-2 内業時間と点検施設数の関係

- (4) 貴重種が生息する場所での点検
 - ・貴重種の営巣、繁殖にUAVの飛行が悪影響を与える場合があるため、飛行範囲の制限や飛行不可となる場合がある(貴重種の行動範囲や営巣地等が把握されている場合は、UAVによる点検の可否等を定めておくことが重要)。
- (5) 通信障害が発生する場所での点検
 - ・送電線の鉄塔や、山陰で機体と安定した通信ができない場所での飛行はUAVが墜落する原因となることから避ける必要がある。
 - ・スマホ等のWi-FiもUAVの画像操作端末(タブレット)と同じ周波数帯で、飛行に支障を与える場合があることから、スマホ等のWi-Fiを切断しておくことが必要。
- (6) 悪天候時の点検
 - ・降雨時は、機体の故障やレンズに水滴が付着し撮影の妨げとなる。
 - ・霧の場合、遠方の俯瞰的な撮影が困難。
 - ・耐風性能以上の風速下では機体の安定飛行が困難。

3. UAV点検要領等の作成

著者らは、UAVによる砂防施設点検及び健全度評価手法を検討し、UAV点検要領等を作成した。作成には、省力化、点検者の安全性向上の観点からUAVによる点検を基本とし、UAVと徒歩点検の比較を行うことで使い分けを整理した。

3.1 UAVによる砂防施設点検の標準仕様

UAVによる砂防施設点検の標準仕様について、次のように定めた。

- (1) 実施体制
 - ・点検者1名、監視者1名を基本とする(一般利用者が多い等の理由がある場合、対象施

設箇所ごとに別途誘導員を配置する)。

- (2) 使用機体
 - ・耐風速性能：10m/s以上
 - ・飛行時間：15分以上
 - ・2000万画素以上の解像度のカメラを搭載可能（航空機との一体型を含む）。
- (3) 使用機材
 - ・カメラ解像度2000万画素以上を基本。但し、赤外線カメラなど特殊機能を持つカメラについては、この限りでない。
- (4) 飛行方法
 - ・自律飛行を基本。但し、事前に調査対象周辺状況を確認。
- (5) 撮影方法
 - ・事前調査は動画撮影により周辺状況や施設の状況を確認。
 - ・点検時にはインターバル撮影による静止画像撮影を基本。状況により手動撮影とインターバル撮影を切り替えて撮影。
 - ・定点撮影等は、定点においてのみ撮影、詳細点検が実施可能な場合は部位ごとに撮影を行うなど、状況により使い分ける。
 - ・撮影写真には極力位置情報を付加する。一眼カメラ等により位置情報が直接付加できない場合は、機体のGPS情報等を残し、撮影位置が推定できるようにする。
- (6) 離隔（対地高度）
 - ・対地高度30～50mを基本（飛行経路周辺に樹木が多い場合は接触等を避けるため対地高度50mとし、開けた場所や飛行経路を十分に確認可能な場合は対地高度30m程度とする）。
 - ・送電線等がある場合は、回避できる高さを適切に設定。
 - ・確実な目視・視認ができる場合は、施設に近接した撮影を行う。

3.2 UAVによる砂防施設点検の点検と健全度評価

遠望撮影により概略把握後に、近接撮影による詳細調査を実施し、健全性評価を行う手順とした(図-3)。UAVによる点検の課題として、1フライト目の遠望撮影時に自律飛行によるインターバル撮影を行うと撮影毎数によりデータ容量の増大及びその整理に関する時間が増大する。一方、2フライト目で近接撮影が可能な場合は、UAV機体

位置と砂防施設の劣化部を確認しながらの撮影となり、撮影数が限られ、整理に関する時間を短くすることが確認された。

点検した砂防施設の健全度評価は、定期点検及び必要に応じて実施される詳細点検、フォローアップ点検等の結果に基づき、既往の点検結果を参考にし、部位（構造や材料、位置によって区分される施設の構成部分）ごとの変状レベルを評価した上で、流域等の施設周辺の状況も踏まえ、施設あるいは施設群全体について総合的に健全度が評価される。近接撮影による点検では、部位または、部位グループ（施設群等で個々の部位をおおまかに同じ工種ごとにまとめたグループ）ごとの変状レベルを α （詳細点検不要）、 β （経過観察）、 γ （要詳細点検）とし、個別施設の健全度は、A（対策不要）、B（経過観察）、C（要対策）と表現し、概括的な健全度の評価結果を踏まえ、健全度（暫定）を評価する。また、遠望による撮影のみで部位または、部位グループごとの変状レベルの評価は、 α （対策不要）、 β （経過観察）、 γ （要対策）で評価とした。個別施設の健全度の評価は、 α はA（対策不要）、 β はB（経過観察）、 γ は詳細点

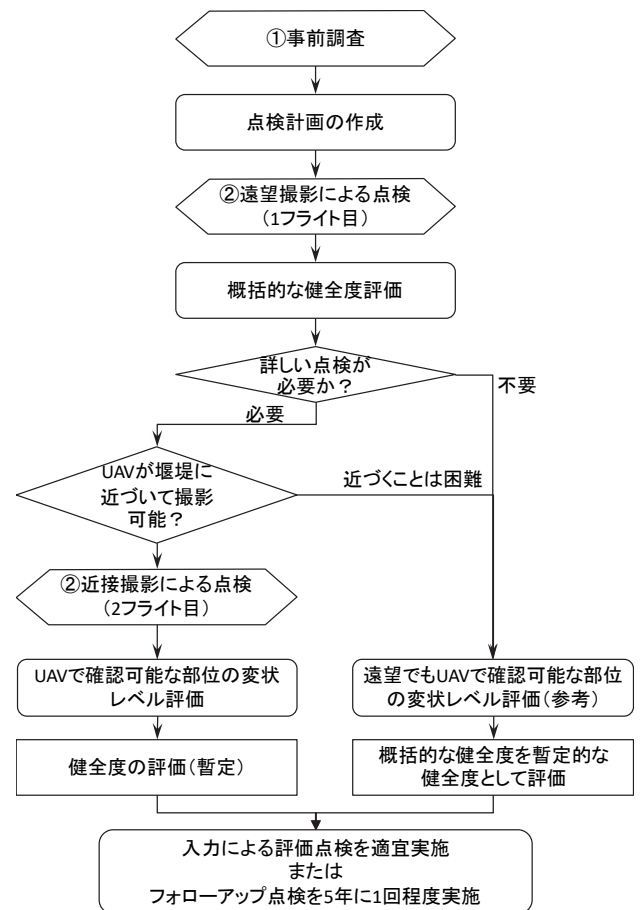


図-3 UAVによる点検及び健全度評価の手順



写真-1 A砂防堰堤（遠望撮影画像）

検が必要として、健全度（参考）を判定とした。

UAVによる砂防施設点検の結果から健全度評価した例を示す（写真-1、2）。

上空からの視認（遠望からの撮影）によって、当該施設に右岸側の一部が損壊している損傷等が発生しており、機能低下や性能上の安定性が施設の外観上明かであり、早急に詳細点検を実施し、施設の補修対策の実施を検討すべき状態であることが分かる（写真-1）。拡大撮影された画像により、堰堤の水通しが破損し、堤体も一部流失していることが分かる（写真-2）。このようにUAVによる砂防施設点検の撮影された画像から施設の損傷を判別することは可能であると判断できる。参考として本施設の変状レベルはγに該当する。なお、当該施設は平成16年5月に発生した土石流で被災し、現在補修を検討しているところである。

4. まとめ

実証実験結果を基に、UAVによる砂防施設点検要領等を取りまとめた。今後は、本点検要領等を運用していき、UAVによる砂防施設点検の全国展開を検討するとともに、UAVによる砂防施設点検の効率化のみではなく、地震や豪雨後の砂防施設点検や流域調査を効率的かつ効果的な方法



写真-2 A砂防堰堤（拡大撮影したもの）

を確立していく予定である。

謝 辞

UAV点検要領等を取りまとめるにあたり、施設点検の実証実験に協力をいただいた湯沢砂防事務所と金沢河川国道事務所にはこの場を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 「空の産業革命に向けたロードマップ2019～小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備～」(令和元年6月21日小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会決定)：
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryou12.pdf>
- 2) チャレンジ砂防プロジェクト特設サイト：
https://www.hrr.mlit.go.jp/river/sabo_challenge/index.html
- 3) 例えば、堤宏徳、山本陽子、岡崎敏、田方智、五十嵐和秀、上条孝徳：UAVと画像解析による火山灰堆積厚の計測手法開発に向けた試み、2019年度砂防学会研究発表会概要集、pp.699～700、2019
- 4) 杉原成満、河井恵美、荒木義則、高橋源貴、上野麻由子、大塚尚志、岡崎尚也、正木俊英：H30.7豪雨災害対応におけるUAVの活用事例、2019年度砂防学会研究発表会概要集、pp.27～28、2019
- 5) 高山陶子、澤陽之、富田康裕、景山高史、吉田崇博：踏査困難な斜面におけるUAVを用いた落石源の抽出と斜面管理への活用、2019年度砂防学会研究発表会概要集、pp.595～596、2019

石田哲也



国土交通省北陸地方整備局河川部河川工事課長補佐、博士（工学）
Dr. ISHIDA Tetsuya

後藤 健



国土交通省北陸地方整備局河川部河川計画課長、博士（農学）
Dr. GOTO Ken

宮島邦康



国土交通省北陸地方整備局河川部建設専門官
MIYAJIMA Kuniyasu

黒崎 弘



国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所防災・技術課長
KUROSAKI Hiroshi