

UAVを用いた自律飛行による 砂防施設点検の効率化について

瀬切 悠気¹・樽林 哲也

¹関東地方整備局 富士川砂防事務所 工務課 (〒400-0027 山梨県甲府市富士見2-12-16)

砂防施設は、急峻な地形や山地、谷部など厳しい現地条件のもとに整備されることが多い。そのため、施設点検の作業は危険性が高いことや作業効率の低下といった問題が発生している。本稿では、富士川砂防事務所において、施設点検の効率化を目的として試行した近年利用が進んでいるUAVを用いた自律飛行による砂防施設の点検について報告する。

キーワード UAV, 自律飛行, 定期点検, 臨時点検, 業務効率化

1. はじめに

(1) 富士川砂防事務所における施設点検の現状

富士川砂防事務所は、富士川水系釜無川及び早川流域における砂防事業を実施しており、管内には砂防堰堤等705基が整備されている。(令和6年4月現在)

砂防施設の点検については、定期点検、臨時点検、詳細点検の3種類が存在する。

定期点検は、砂防施設の漏水・湧水・洗掘・亀裂・破損・地すべり等の有無などの施設状況及び施設に直接影響を与える周辺状況について定期(年1回)に実施する点検である。

臨時点検は、豪雨や地震等が発生した流域等において事象の発生直後の出来るだけ早い時期に施設の損傷の有無や程度、被害の程度、設備および施設に直接影響を与える周辺地域の状況を、把握・確認する点検である。

詳細点検は、定期点検や臨時点検において、その変状の状況をより詳細に把握する必要があると判断される場

合や変状の原因把握が困難な場合に、必要に応じて施設の機能低下や性能の劣化の状況を定量的に把握するために実施する点検である。¹⁾

これまで上記施設の点検を行う際は、車により林道や管理用道路を通過して移動、車で移動することができない箇所は徒歩にて移動し、施設の点検は人力により目視にて実施してきた。

令和6年度における定期点検では、全施設を点検するのに91日間を要した。(1班2名とし、1班で実施した場合の日数。実際は同時に複数班にて実施している。)

(2) 施設点検の課題

これまで行ってきた施設点検においては以下のような課題がある。

a) 安全面

砂防施設は急峻な地形に整備されていることが多く、山道などを通ることから落石の危険性や、徒歩で移動する際は足下の悪い斜面の移動に伴い滑落する可能性がある。また、山地ではクマやハチといった危険生物に遭遇する危険性もあり、安全面に課題がある。

b) 作業効率

砂防施設の多くは山間部に整備されており、市街地からも離れていることから移動に時間を要する。また、施設点検の際には、対岸への渡河や10mを超える施設の昇降などを伴う場合もあり、車で移動できる範囲にも限りがあり、徒歩での移動が発生している。

上述のとおり移動に時間がかかることから、1日に可能な作業時間が限られ、作業効率が悪いことが課題として挙げられる。

これらの課題の解決方法の一つとして、砂防施設の点検にUAVの活用が進められている。

「UAVによる点検においても変状の確認は概ね可能であり、部位や着目点によっては得意・不得意はあるものの、経過観察を主とする定期点検においては、効率性、安全性において優位性のあるUAV点検の適用性が高いと

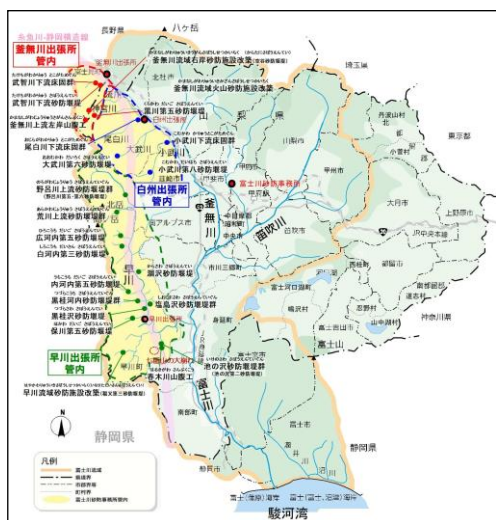


図-1 令和6年度富士川砂防事務所 事業箇所

言える」²⁾とされており、今年度試行的にUAVを活用して砂防施設の点検を実施した。

2. 課題解決への取り組み

(1) UAVでの施設点検の試行にあたって

富士川砂防事務所管内にある砂防堰堤等施設705基のうち16基を対象として実施した。試行対象の16基は、臨時点検の対象施設となっており、定期点検だけでなく、臨時点検での活用効果も検討できる施設を選定した。

今回のUAVでの調査は、UAVを自律飛行させ、砂防施設の撮影を行う方法で実施している。

点検の際は、同じ位置、同じ画角で撮影、比較することで施設の状態変化をつかみやすくなる。UAVの自律飛行は、予め設定した飛行経路をUAVが自動で飛行し、施設の撮影位置や画角も設定できるため、同一の設定データを使用することでそれぞれの飛行で同じ位置、同じ角度の写真を撮影することが可能となる。そのため、継続した同一調査結果を取得でき、前回点検との比較が容易でなことから判断した。

今回の試行では、従来の人力点検と効果を比較するため、人力点検を実施し、人力点検とは別にUAVでの調査を実施した。

(2) UAVによる調査の実施及び人力点検との比較

人力点検及びUAVによる点検を実施した結果、下記の点について人力点検とUAVでの点検に違いが見受けられた。

a) 作業時間

人力点検とUAVでの点検（ルート設定済の場合）を比較すると、人力点検が16施設で732分かかったのに対してUAVを用いた点検は532分と想定され、人力点検の73%の作業時間となる。（表-1）

人力点検は、事前準備、現地の駐車ポイントまで車で移動し、そこから徒歩移動及び点検を実施し駐車ポイントまで戻るのに要した時間としている。一方、UAVを用いた点検は、事前準備、駐車ポイントから飛行地点までの徒歩移動、監視者の配置にかかる時間、自律飛行による施設の撮影、後片付けを行い駐車ポイントまで戻るのに要した時間となっている。

全体としては作業時間の短縮になっているが、施設毎に比較すると施設によって短縮される時間に差がある。

貉窟（むじなくつ）砂防堰堤と武智川上流砂防堰堤群は作業時間が人力点検に比べて41%、31%と大きく短縮されているのに対して、武智川砂防堰堤と白谷沢第二砂防堰堤はUAVを用いた場合の方が人力点検より作業時間が大きくなっている。この4つの施設で人力点検とUAVでの点検で差が開いたのは現地での移動時間が原因と考えている。貉窟砂防堰堤は、施設の点検のために対岸に渡河する必要があるが、UAVであれば対岸に渡らなくとも現地を撮影することが可能である。

表-1 人力点検とUAV点検（ルート設定後）での作業時間の比較

番号	施設名	作業時間（分）		作業時間の短縮率（%） ③=①/②
		UAV自律飛行 ①	人力 ②	
1	ホドクボ砂防堰堤	37分	58分	64
2	広岩第3床固	34分	39分	87
3	西比良下流第4床固	34分	35分	97
4	立場川第1床固	29分	31分	94
5	貉窟砂防堰堤	29分	71分	41
6	唐沢砂防堰堤	48分	66分	73
7	武智川砂防堰堤	50分	47分	106
8-10	武智川上流砂防堰堤群	38分	124分	31
11	山の神沢砂防堰堤	30分	47分	64
12	上木之間砂防堰堤	28分	35分	80
13	中木之間砂防堰堤	29分	44分	66
14	下木之間下流砂防堰堤	35分	41分	85
15	白谷沢第二砂防堰堤	70分	49分	143
16	青木沢下流砂防堰堤	41分	45分	91
作業時間（合計）		532分	732分	73

武智川上流砂防堰堤群は3基（武智川上流砂防堰堤、第一床固、第二床固）を点検する必要があり、移動を伴う。UAVであれば飛行開始地点から3施設を連続して撮影し戻ってくるということが可能である。

このように移動時間が短縮されたことにより貉窟砂防堰堤と武智川上流砂防堰堤群は作業時間の大きな短縮につながったと考えられる。

一方、武智川砂防堰堤と白谷沢第二砂防堰堤は、堰堤の範囲が広く高低差もあることからUAVの機体を操縦者が目視することが難しくなるため監視者を配置して飛行させている。監視者が適切な配置に移動するために時間を要した。そのため、人力点検と同様の移動時間にUAVでの撮影の時間が加わることとなり、作業時間の短縮につながらなかったと考えられる。

今回の作業時間比較は、自律飛行のルートがあらかじめ設定されている場合の時間であり、今回の試行においては、自律飛行のルート設定に1基あたり約20分の時間を要した。

b) 変状等の把握

従来の人力点検は人が対象施設に近づき目視で確認することに対して、UAVでの点検は施設の上空にUAVを飛行させ撮影した写真から変状等を確認する点検方法となることから、施設の捉え方が変わることによってどのような影響が生じるのか比較する。

写真-1は白谷沢第二砂防堰堤の左岸袖部を施設点検の際に撮影したものである。上の2枚の写真は、人力点検で亀裂やヘアクラックの存在が確認されている。

しかし、UAVで撮影された下の写真からは前面の植生により堰堤が隠れてしまい、亀裂は確認できても細かなヘアクラックまでは確認することができなかった。

人力点検は人が施設に近づいて点検するため細かな



写真-1 白谷沢第二砂防堰堤左岸袖部
人力点検(上) UAVを用いた点検(下)

箇所まで点検できるのに対して、UAVを用いる場合、植生等の現地状況により、人力点検に比べて施設に近づくことができず確認することができなかった。

一方、施設の全体像の確認は多くの施設でUAVにおいても確認することができた。

3. UAV点検の課題と解決策

今回のUAVを活用した試行点検において、対象施設の変状把握に課題があることが判明したので、要因ごとに課題と解決策を検討した。

(1) 植生による影響

a) 課題

砂防施設は山間部に整備されているため、自然の影響を大いに受ける。そのため、木々が生い茂っていることがあり、点検の対象箇所が確認できない場合がある。

b) 解決策

解決方法としては、事前に植生を取り除いておくことが考えられる。

対象施設が植生に覆われている場合、変状を確認することができない。人力点検の場合、点検対象を確認するために植生に分け入り、施設に近づき確認することができる。しかし、UAVは植生に分け入って点検対象に近づくことは難しいことから、遠くからでも点検対象を確認できるよう、障害物を事前に取り除いておくことが望ましいと考えられる。しかし、点検箇所は山間部であり、急斜面といった場所もあり、除去が難しい箇所も見受けられることから、全ての箇所で取り組むことは難しいとも考えられる。



写真-2 変状をマーキングした事例

(2) 変状が小さい場合の影響

a) 課題

UAVは施設に近づける距離に限度がある。そのため、施設に近接できないことから小さな変状は発見が難しい。

b) 解決策

解決方法としては、ズーム機能のついたカメラを用いることが考えられる。

UAVは施設や周囲の状況により、人力点検のように点検対象に接近することは困難である。そのため、小さな変状を発見することが難しい。

しかし、ズーム機能を用いることで遠くからでも対象を捉えることが可能である。また、ズーム機能の高いカメラであればより大きく見ることができると、小さな変状でも確認することが可能になるのではとも考えている。

また、事前に判明している変状であれば、写真-2のようにスプレーやチョークなどで変状をマーキングしておくことで変状箇所を意図的に識別できるのではないとも考えられる。

(3) 写真の明暗差による影響

a) 課題

晴天時などにUAVで撮影した写真において対象施設が日陰に入ってしまう、状態の確認が難しくなる場合(黒潰れ)や日射により明るくなり白く写ってしまう場合(白飛び)が挙げられる。

b) 解決策

解決方法としては、施設と太陽の位置を考え、撮影時間を調整することや、太陽のでいていない曇りがちな天候の際にUAVの調査をすることで上記のような課題を抑えることが可能と考える。

しかし、撮影に都合のいい条件は常にあるわけではないことや、たくさんの点検箇所があるなかでよいタイミングのみで作業することは非効率であるため、現実的でない場合もある。



写真-3 黒潰れの事例（貉窟砂防堰堤）
画質調整なし(左) 画質調整あり(右)

そのため、黒潰れや白飛びの写真を撮影した場合でも、撮影後に画質調整を行うことで、対応することが挙げられる。

(4) その他課題と解決策

上記で挙げた対象施設の把握以外にも今回の試行において改善が必要とみられる内容と解決策を挙げる。

a) 自律飛行のルート設定

今回の試行においては、今後の活用に向けて自律飛行により点検を実施した。

自律飛行は設定したルートを自動的にUAVが飛行する。そのため、飛行ルート上に障害物がある場合は衝突する可能性が考えられる。今回の試行では、現地でルートを設定のうえ飛行させているため、ルート上の障害物の影響を考慮してルートを設定、飛行させている。しかし、今回設定したルートで別の機会に飛行させた場合に現地の状況が変化しており、同一のルートでは危険がある場合が考えられる。そのため、飛行前に飛行経路を現地で確認し、ルートの修正や手動での操縦を行う必要が考えられる。

また、自律飛行の際は機体の制御のためGNSS(Global Navigation Satellite System 全球測位衛星システム)を捕捉したうえで運用する必要がある。捕捉が不十分な場合、本来の飛行ルートから逸脱する可能性があり、場合によっては第三者へ影響を及ぼしかねない。しかし、砂防施設の多くは衛星の電波の受信に不向きな山間地域に多く整備されている。今後はより衛星からの電波を受信し易い方法の採用が必要となる。

b) 実施体制

従来の人力点検は2名1班を基本として実施している。今回実施したUAVを用いた点検方法では、操縦者、補助操縦者、監視者2名の計4名で実施した。（写真-4）

昨今の人手不足の背景もあり、省力化、省人化を進めたいと考えている。しかし、周囲の安全管理の観点から複数名の人員を配置し、安全管理を強化することも必要であるとも考えられる。



写真-4 UAVによる点検実施体制

4. まとめ

今回、UAVを用いた砂防施設の点検を試行的に実施し、上記に述べたような成果や課題が発見された。

従来の人力点検に比べ作業時間の短縮になるという良い点もあれば、人力点検のように点検対象を把握できないといった課題もみられた。

現状のままでは課題が多いことや点検結果として従来の人力点検と同等の成果を得られるとは言えないため、定期点検に活用するためにはさらなる検討が必要と考える。

一方、臨時点検は、「施設の損傷の有無や程度、被害の程度、設備および施設に直接影響を与える周辺地域の状況を、把握・確認すること」²⁾を基本としており、出水や地震等の発生後の出来るだけ早期に実施することとなっている。2. 課題解決への取り組み (2) UAVによる調査の実施及び人力点検との比較 b) 変状等の把握 にて述べたようにUAVでの点検では、詳細部は把握することが難しい箇所が多かったが、施設の全体像の把握はほぼ全ての施設で確認することができた。また、人力点検に比べて作業時間が短縮可能なことや移動が少なく済むことから発災後の危険箇所での作業や移動を軽減することができ、安全性の向上や被災情報伝達の迅速化につながると考えられる。そのため、臨時点検であれば現時点でもUAVを用いた点検の有用性を発揮できるのではないかと考えている。

今年度実施したUAVによる砂防施設の点検だが、本稿で述べたようにまだ多くの課題があるが、従来の人力点検と比べて優位に働くと考えている。引き続き、課題の解決に向けた検討を実施し、砂防施設点検の省力化、省人化の対策となるよう進めていきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省砂防部保全課：砂防関係施設点検要領（案）
- 2) 国土交通省北陸地方整備局河川部：UAVによる砂防関係施設点検要領（案）