

釜無川流域における UAV 自律飛行を活用した砂防施設点検の試行

国土交通省 関東地方整備局 富士川砂防事務所 藤平 大^{*1}, 清水 武広, 神谷 電^{*2}, 秋山 大樹

^{*1} 現：国立研究開発法人 土木研究所 つくば中央研究所, ^{*2} 現：常陸河川国道事務所
大日本ダイヤコンサルタント（株） ○筒井 正明, 梶山 國博, 塚田 訓子

1. はじめに

効率的かつ安全な実施のため、砂防施設点検に UAV を積極的に導入して行くことが望まれている。富士川砂防事務所では、「UAV を活用した定期点検マニュアル（案）¹⁾」（以下、「マニュアル」と呼ぶ）を策定して導入を進めており、UAV 自律飛行を活用した砂防施設点検を試行した。

本発表では、管内の釜無川流域においてマニュアルに基づき試行した UAV 自律飛行による点検と、人力による点検とを比較した結果の概要、抽出された有効性や課題について報告する。

2. 対象施設

検討対象は、釜無川流域の様々な条件（堰堤の規模、本・支川、地形、植生及び保全対象の有無等）に置かれている施設として、図-1 に示す 16 施設を選定した。

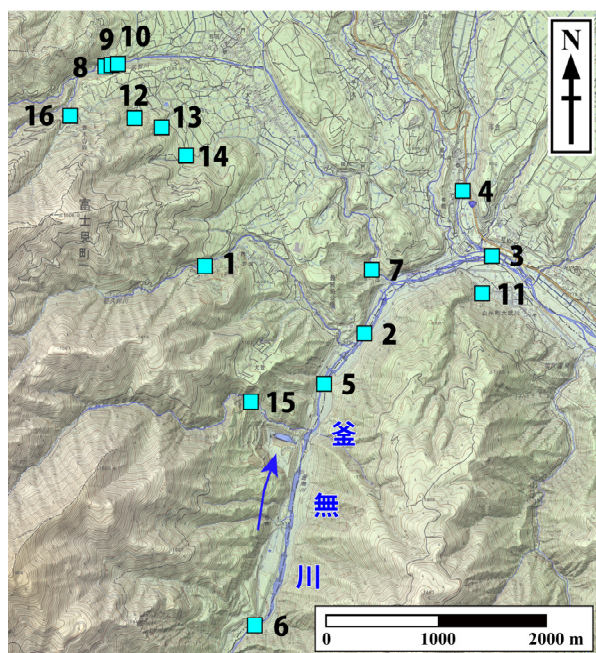


図-1 UAV 自律飛行による点検対象施設

（基図は国土地理院地図を使用し KASHIMIR 3D で作成 図中の番号は施設番号）

3. 実施概要

3.1 使用機材

使用する機材は、汎用機である DJI Mavic 3 Enterprise とした。また、自律飛行設定アプリは、DJI Pilot 2（Mavic 3 Enterprise シリーズ等に対応した DJI 社製アプリ）と DJI RC Plus（機体をコントロールする送信機（プロポ））にインストールされている UAV に特化した専用のアプリを使用した。

3.2 安全管理

UAV 自律飛行による施設点検に際しては、事前に飛行計画を立案し、現場において常に作業の安全に努め、安全管理を徹底して実施した。

3.3 検討手法

毎年実施している定期現況調査に使用する様式を用い、人力による点検と UAV 自律飛行による点検の結果をそれぞれ整理した。その結果を踏まえ、本質的で重要と考えられる「変状の把握」と「作業時間」の 2 つの指標を用い、UAV 自律飛行と人力による点検を比較した。

変状の把握においては、① 定点写真で使用した写真の撮影（以下、「概略撮影」と呼ぶ）が人力と同程度に撮影できているか、② 変状写真で使用した写真の撮影（以下、「詳細撮影」と呼ぶ）で人力と同様に変状等が確認できているか、について評価するものとし、「変状の把握率」として評価した。その際の評価基準を、表-1 に示す。

表-1 変状の把握における評価基準

【概略撮影】	
○	UAV で人力と同程度に施設部位等が撮影できる
×(木)	UAV で人力と同程度に施設部位等が撮影できない(立木や枝等の影響)
×(影)	UAV で人力と同程度に施設部位等が確認できない(白飛び黒潰れ等の影響)
【詳細撮影】	
○	UAV で人力と同程度に変状が確認でき、詳細・進行状況も確認できる
△	UAV で人力と同程度に変状確認できるが、詳細・進行状況は確認困難
×(木)	UAV で人力と同程度に変状確認できない(立木や枝等の影響)
×(小)	UAV で人力と同程度に変状確認できない(変状が小規模すぎる影響)
×(落)	UAV で人力と同程度に変状確認できない(落葉・苔・土砂・湛水等の影響)

作業時間については、事前準備を含めた施設点検にかかった実績の作業時間を整理し、「作業時間の短縮率」として評価した。

4. 評価結果

4.1 変状の把握

概略撮影では、全体でみると概略撮影の 82%は「UAV で人力と同程度に施設部位等が撮影できる」評価であったが、「UAV で人力と同程度に施設部位等が撮影できない（立木や枝等の影響）」が 15%、「UAV で人力と同程度に施設部位等が確認できない（白飛び黒潰れ等の影響）」が 3%となった（図-2 の左）。

詳細撮影では、「UAV で人力と同程度に変状が確認でき、詳細・進行状況も確認できる」と評価されたものは 12%にとどまり、「UAV で人力と同程度に変状確認できるが、詳細・進行状況は確認困難」が最も多い 41%、「UAV で人力と同程度に変状確認できない（立木や枝等の影響）」が 22%、「UAV で人力と同程度に変状確認できない（変状が小規

模すぎる影響)」が10%、「UAVで人力と同程度に変状確認できない（落葉・苔・土砂・湛水等の影響）」が9%、撮影ミスが6%となった（図-2の右）。

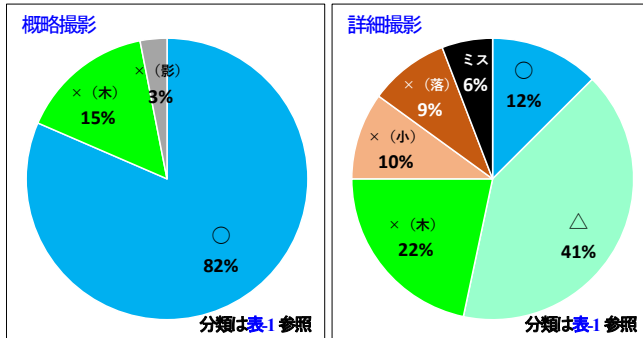


図-2 UAV 自律飛行による変状の把握結果

施設ごとでは、概略撮影で人力と同程度にすべての箇所でも撮影できた（100%撮影できた）施設は16施設中9施設であった。そのため全体的にみると人力と同程度の撮影ができた割合が多いといえる。一方で、50%未満となった施設も2施設あった。50%未満となった2施設含め、同程度に撮影できなかった理由のほとんどは、撮影部位周辺にある木の影響で、影の影響はわずかであった。一方詳細撮影では、人力と同様に変状が確認できた割合が100%となった施設はひとつのみで、0%の施設が多く、平均でも13%であった。このように、詳細撮影では人力と同様に変状等が確認できた割合は低い。これらの傾向は、変状レベル a（対策不要な軽微な損傷）を除いて評価しても同じである。

4.2 作業時間

人力による施設点検に必要な作業時間は、対象とする施設の状況確認を実施する事前準備を含め、29分～71分で、平均すると1施設当たり46分であった。

UAV 自律飛行については、今回の実績をもとに次回以降不要となる項目（机上検討及び飛行ルート作成）と必要になる項目（新たに追加すべき箇所の確認とルート追加）を想定すると28分～70分で、平均すると33分であった。

これらの結果から、作業時間の短縮率は平均すると73%であった。連続的に飛行ルートが設定できた施設8～10の3基は、短縮率が31%と顕著であった。施設5では、UAVによる調査時間は他の堰堤とそれほど変わらなかったものの、人力では対岸への移動含め調査箇所も多く調査に時間を要したため短縮率が48%となった。一方で、施設15では、飛行開始地点や施設周辺の立木が多く、監視者を対岸の堰堤袖部へ配置する必要があったため、その際の移動ルートの選定と移動に時間がかかり、UAV 自律飛行自体は他施設と同程度の時間であったが、作業時間の短縮率は143%と人力による施設点検時間を上回った。ただしこの点については、事前に既往点検資料を十分確認しておくことで、次回以降の点検時には解決される可能性が高い。施設7では、施設15同様に監視者の遠方配置に時間がかかり作業時間の短縮率は106%となり、人力による調査をやや上回る結果となった。

5. 有効性のまとめ

概略撮影と詳細撮影のすべての変状の把握率が100%で、作業時間の短縮率が100%未満となるものを「有効」、それ以外のものを「有効でない」として施設点検の有効性を評価した。現状で人力より UAV 自律飛行による施設点検が有効と考えられる施設は、16施設中3施設であった。全体的に人力による調査よりも UAV は作業時間の短縮率は高いが同程度であるのに対し、変状の把握率は高くない。

一方で、砂防施設点検に UAV を積極的に導入して行くことが望まれており、今後の砂防施設点検で UAV を積極的に導入することを前提として、表-2 に示す項目について考慮していくことが必要と考えられる。

表-2 UAV 自律飛行導入に必要な配慮事項

必要な配慮事項	理 由
立木や枝等の影響を減らす	今後施設周辺での伐採等を実施することで把握率が向上するケースが多いと想定される。このため、伐採等が有効と考えられる範囲は、可能な限り伐採等を実施する（ただし、現時点で伐採困難な場所もあるため、それらの場所は除く）。
影の影響を減らす	画像補正・天候を考慮した撮影を実施することで把握率が解消されると想定される。このため、撮影は可能な限り影の影響の少ない時間に実施するとともに、必要に応じて画質補正を実施する。
確認できるが詳細・進行状況の把握が困難な変状について評価を見直す	UAVで確認できるが詳細・進行状況の把握が困難な変状は多く、そのほとんどが、直接サイズを測れないために生じている。このような変状は、現時点でUAVで定量的に把握できていなくても、今後、変化・進行した場合、定量的でないものの定性的には把握可能と想定される。このため、変状の評価方法について、定量的な把握のみでなく、定性的な把握でも評価可能とする。

表-2 に示す必要な配慮事項（① 立木や枝等の影響を減らす、② 影の影響を減らす、③ 確認できるが詳細・進行状況の把握が困難な変状について評価を見直す）を実施した場合には、UAV 自律飛行による施設点検が有効な施設は3施設から7施設に増加する想定された。

加えて、臨時（緊急）現況調査点検においても、既に概略撮影で設定された自律飛行ルートがあれば、そのデータを活用して不慣れた人員でも UAV を自律飛行させることが容易で、かつ人力と同精度の調査点検が短時間で実施できるため UAV 自律飛行は非常に有効である（今回の検討対象16施設は、全て臨時（緊急）点検対象施設）。

あわせて、これまで地上からの確認が困難であった施設周辺状況についても、自律飛行ルートを作成しておけば、施設周辺だけでなくより広範囲の有用な情報が効率的に得られると期待される。

6. おわりに

UAV 自律飛行による現況調査は、効率的で安全であり、いくつかの施設で有効であることが確認できた。ただし、解決すべき課題も多く、今後ともそれらを十分把握し、その解決策について検討を進めていく必要がある。特に、より上流域の地形が急峻で土砂移動が激しい条件下における地域における、今回同様の UAV 自律飛行による施設点検の有効性や運用上の課題抽出も重要と考えている。

【参考文献】

- 「UAV を活用した定期点検マニュアル（案）」（国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所、令和6年3月）