

天竜川水系における UAV 自律飛行による砂防施設点検手法の実証試験

国土交通省 中部地方整備局 天竜川上流河川事務所

佐藤 保之^{※1}, 菊池 五輪彦, 高木 将行^{※2}, 藤田 隼平, 中 智昭^{※3}

アジア航測株式会社 ○西村 直記, 梶原 あずさ, 加藤 (成毛) 志乃,

菊地 慎太郎, 高橋 秀明, 坂口 宏

※1 : 現 国土交通省 北陸地方整備局 富山河川国道事務所

※2 : 現 国立研究開発法人 土木研究所

※3 : 現 国土交通省 中部地方整備局 三重河川国道事務所

1. はじめに

砂防施設は水や土砂の影響を強く受ける山地河川に存在しているため、破損や摩耗などの損傷が生じやすい。劣化が進行すると、砂防施設に期待される機能・性能を損なうことが想定され、場合によっては倒壊や流失につながる恐れもある。こうした事態を避けるため、天竜川上流河川事務所をはじめとする施設管理者は、砂防施設の定期的な点検を行い、重大な損傷が確認された場合には適切な補修を行っている。

砂防施設点検の基本的な考え方は、砂防関係施設点検要領(案)(令和4年3月、国土交通省砂防部)に示されているとおり、砂防施設の部位ごとの損傷を種類・規模・進行状況を調査することとされている。調査方法は、調査員が地上から目視点検することを基本としつつ、近年、技術発展が目覚ましい無人航空機(以下、「UAV」とする。)を積極的に活用することが明記されている。そこで、本稿では天竜川上流河川事務所の砂防施設を対象として、UAVを用いた砂防施設点検手法の有効性を確認するために行った実証試験の手法および結果について報告する。

2. UAV 自律飛行による砂防施設点検実施の背景

国土交通省が定める「インフラ分野の DX アクションプラン」では UAV による無人地帯での目視外自律飛行技術を活用することが示されている。これは、少子化や調査員の高齢化などによる人員不足を背景として、点検箇所までのアクセス時間の低減や調査員の安全性の向上により、砂防施設点検に関わる作業効率性の向上を図ることを目的としたものである。なお、令和4年の航空法改正により、無人地帯における目視外自律飛行(旧レベル3)は、カテゴリーⅡと分類されている。

表1 UAV 飛行レベル(令和4年12月改正後)

カテゴリー	飛行の内容
I	特定飛行に該当しない飛行
Ⅱ	特定飛行の内、UAV の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行(第三者の上空を飛行しない)
Ⅲ	特定飛行の内、UAV の飛行経路下において立入管理措置を講じないで行う飛行(第三者の上空で特定飛行を行う)

3. 砂防施設点検の手法検討

UAV 自律飛行による砂防施設点検を実施する手法について、その目的に応じて検討を行った。砂防施設点検は定期点検・臨時点検・詳細点検に区別されていることから、それぞれの手法に適用できる UAV として、表2の実証試験を実施することとした。また、実証試験を行うために使用した機体及び機材は表3のとおりである。使用した機体の一部を図1に示す。

表2 UAV 自律飛行による点検手法の実証試験項目

点検の種類	実証試験手法
定期点検	- 遠隔操作による光学画像取得 - サーマルカメラによる赤外画像取得 - グリーンレーザによる点群取得
臨時点検	VTOL UAV による広域光学画像取得
詳細点検	近接撮影による光学画像取得

表3 実証試験に使用した機体・機材

実証試験手法	使用機体・機材等
遠隔操作	HIYOKO-18, ドローン運航管理システム(C.O.S.M.O.S)
サーマルカメラ	Matrice300RTK, H20T
グリーンレーザ	Matrice300RTK, TDOT GREEN
VTOL-UAV	エアロボウイング
近接撮影	Skydio 2+, Skydio X2



図1 実証試験に使用した機体(一部)
(左上: HIYOKO-18, 右上: エアロボウイング,
左下: Skydio 2+, 右下: Skydio X2)

4. UAV 自律飛行による砂防施設点検の有効性・課題

4.1 遠隔操作による施設点検

無人地帯における目視外自律飛行かつ、将来的に実現が期待される遠隔地からの操作による砂防施設点検の実証試験を実施した。遠隔操作には、携帯電話回線（LTE）とドローン運航管理システム（UTM）を使用し、天竜川上流河川事務所に操縦者を配置し、事務所から約 26km 離れた現地に配備した UAV の操作を行った。遠隔操作による実証試験は、あらかじめ定めたルートに沿った動画撮影を行い、事務所からの指示により停止・方向転換・上昇・下降などの操作が可能であった。また、対地高度 80m から撮影した動画により、0.5m 以下の地物を認識できることを確認した。一方で、遠隔操作には LTE を用いた通信が必要となるが、砂防施設が存在する山間地では必ずしも通信が確保できないため、運航範囲が限られることや、UTM に対応する機体が限定されることが課題である。

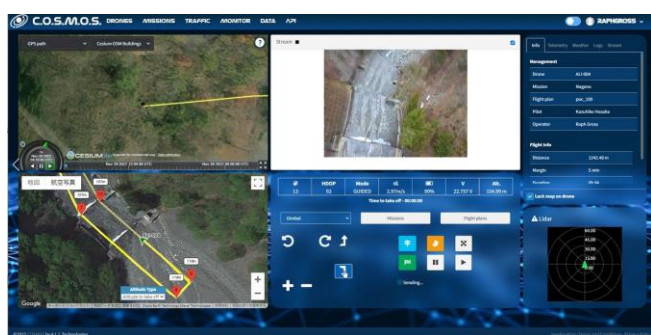


図 2 ドローン運航管理システムによる遠隔操作画面

4.2 VTOL-UAV による広域の流域点検

豪雨や地震などにより広域に災害が発生しているおそれがある場合に、迅速に状況把握を行う手法として VTOL（垂直離着陸）UAV による実証試験を実施した。往復約 10km の範囲を 13 分で飛行し、対地高度 140m から撮影した垂直写真を用いてオルソフォト画像を作成した（図 3）。オルソフォト画像は約 3cm/pix で作成できたことから、広域の流域点検に活用可能であることが確認された。ただし、機体の運航に十分な知識と経験が必要であることや、遠隔操作と同様に基本的に LTE を用いた運航となるため、飛行機会や飛行可能範囲に留意する必要がある。



図 3 VTOL UAV によるオルソフォト画像

4.3 Visual SLAM 搭載機による近接点検

UAV の安定的な飛行には GNSS の取得が必要となるが、山間地では衛星が十分に取得できないことがある。また、

樹木などの支障物により UAV の接近が困難となる状況がある。そこで、非 GNSS 化においても Visual SLAM により安定的な飛行が可能であり、衝突回避能力に優れた機体を用いて、砂防施設の近接点検（詳細点検を想定）の実証試験を行った。対象施設は鋼製スリット堰堤であり、堰堤袖などのコンクリート部だけでなく、スリット内の土砂堆積状況を近接して詳細に確認することができた。また、使用した機体（Skydio 2+, X2）はカメラを上方 90 度まで向けることができるため、通常の UAV では撮影困難となるスリット下部の状況も把握することができた（図 4）。近接撮影は非常に詳細な情報を取得可能であるが、近接するほど作業時間や撮影枚数が増加する傾向にあるため、目的に応じた撮影距離の設定が必要となる。



図 4 近接撮影による取得画像

4.4 サーマルカメラ・グリーンレーザによる施設点検

砂防施設堰体からの漏水状況と、洗堀状況を調査するため、サーマルカメラによる赤外線画像の取得及びグリーンレーザによる前庭部の水面下の洗堀地形の計測を実施した。サーマルカメラを用いた漏水点検では、堰体表面温度の違いから漏水範囲を面的に把握することが可能であった（図 5）。また、グリーンレーザによる水面下の地形データ計測により、対象とした堰堤の前庭部が一部洗堀されているものの、基礎に達していないため問題ないことを確認した。これらの情報は施設点検において有効であるものの、機材が特殊であることから定期点検で頻繁に使用することが困難であることが課題となる。

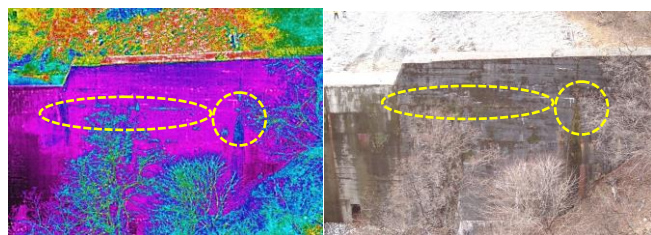


図 5 サーマルカメラによる漏水箇所の確認

5. 今後の展望

様々な機体・機材を用いて実証試験を行った結果、それぞれの有効性と課題を整理することができた。UAV による砂防施設点検は、調査の効率性・安全性の向上を図り、実現性を考慮して有効に活用することが重要である。今後は、従来の砂防施設点検と UAV による点検の作業効率の変化などを比較し、効果的な UAV の活用を検討する予定である。