

都市部における VTOL 型 UAV を活用した砂防施設点検方法の検討

国土交通省 中国地方整備局 広島西部山系砂防事務所 川邊健作, 白木宏二郎, 平林千春, 大西隆生^{※1}
 中電技術コンサルタント(株) ○大盛 泰我^{※2}, 河井恵美, 河本紗希, 久家政治

1. はじめに

広島西部山系直轄砂防事業管内では、山裾に人家が密集し、溪流が連坦しており、出水や地震後の点検時には同時に多くの施設の点検が必要となる。特に、同一溪流内に複数基の堰堤が設置された砂防設備や施設規模の大きな砂防設備を地上調査により点検する際は、点検作業量はもちろん、移動に掛かる労力も大きく、効率的な点検が望まれる。そのため施設変状の把握を目的とする点検において点検作業の効率化・迅速化が課題である。

また、これまで検討されてきた UAV の目視内自律飛行による点検手法³⁾では、繰り返しの点検における作業の効率化や作業員の安全性向上を図ることができたが、機体と操縦者の通信確保のため、1つの離着陸地点から1施設の点検を行うことを基本としており、通信を確保した上で点検範囲を拡大し、点検効率を向上させることが課題であった。



図-1 UAV の目視内自律飛行による点検手法

本稿では、上記課題を踏まえ、砂防設備の点検における目視外自律飛行による砂防設備点検の効率化手法を検討し、実証試験結果を踏まえた VTOL 型 UAV の適用性についてとりまとめを行った成果について報告する。

2. UAV の目視外自律飛行による砂防設備点検

目視外自律飛行による砂防設備点検における UAV 活用は、出水時や地震時等の緊急点検を想定しており、土砂流出等により施設近辺まで立入できない場合や立入管理措置により飛行経路内への第三者の立入りが制限できる場合を対象として、離着陸場所以外に機体監視者を配置せず行う。

点検方法は、砂防設備や堆砂地を含めた全体の概略把握を目的とした広域把握点検と施設変状や堆砂状況を詳細に把握することを目的とした詳細把握点検の二つに分けて策定した。実証試験では、策定した点検方法について機体の特徴を活かした撮影・計測方法（静止画撮影、動画撮影、オルソ画像撮影、レーザ計測）により実証を行い、UAV の目視外自律飛行による砂防設備点検の有用性を検証する。

実証試験で使用する機体の条件は、目視外自律飛行による砂防設備点検を実施するため、長距離・長時間の飛行が可能であり、点検に使用する計測機器が搭載可能であることとした。実証試験では、飛行距離が長く垂直離着陸が可能で LTE 通信による機体制御を行うことが特徴である VTOL 型固定翼機「エアロセンス社 AS-VT01 エアロボウイング」と汎用的な回転翼機である「DJI MATRICE 300 RTK」の2種類の機体を使用した。

表-1 使用機体諸元

使用機体	エアロボウイング	MATRICE 300 RTK
		
飛行距離	約 50km	約 8km
飛行時間	約 40 分	約 40 分
機体制御	LTE 通信	2.4GHz 通信

3. 実証試験結果

実証試験は、目視外自律飛行の効果が高いと考えられる2地区を選定し、迅速性（点検時間）や品質（解像度）等を評価項目として設定した上で実施した。

(1) 広域把握点検

回転翼機は高度や撮影場所、撮影角度等を撮影ポイント毎に設定できる特徴を活かし、静止画による定点撮影により点検対象となる施設と一定の離隔（解像度）を確保した撮影を行う飛行計画とした。

定点撮影では、1つの離着陸場所から2回のフライト約44分で20基の砂防堰堤の点検を行い、目視内自律飛行の点検時間（1基あたり約5分）と比較して短縮を図ることができた。

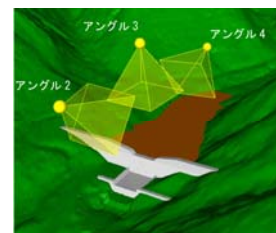


図-2 定点撮影アングル



図-3 定点撮影成果_回転翼機

※1 現所属：国土交通省 中国地方整備局 日野川河川事務所, ※2 現所属：国土交通省 国土技術政策総合研究所

一方、VTOL 型固定翼機は、一定の高度で飛行させ、LTE 通信により直接通信が確保できない場所でも飛行可能である特徴を活かし、広域把握点検ではオルソ画像撮影により点検を行う計画とした。オルソ画像撮影では、1つの離着陸地点から1回のフライト約21分で31基の砂防設備の点検が可能であった。回転翼機と比較して1つの離着陸場所からでは約1.6倍の施設を点検可能となり、点検範囲は最大距離で回転翼機の約1.8kmからVTOL型固定翼機では約3.9kmまで拡大した。

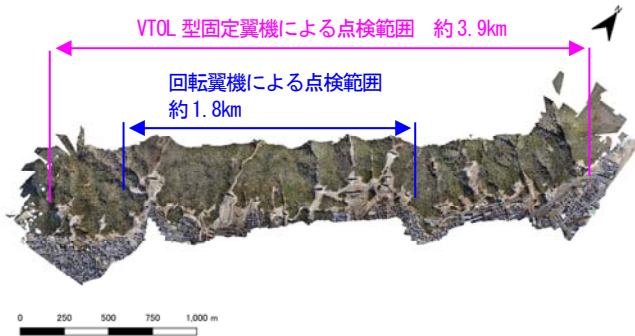


図-4 オルソ画像撮影成果_VTOL 型固定翼機

(2) 詳細把握点検

詳細把握点検は、レーザ計測による堆砂状況の詳細把握を行った。回転翼機、VTOL 型固定翼機のそれぞれについてレーザ計測を行い、堆砂量の詳細把握を行う計画とした。計画した計測範囲において3次元点群データを取得し、取得した3次元点群データを既往航空レーザ測量成果と比較し、回転翼機、VTOL 型固定翼機の取得データともに航空レーザ計測値と大きな差異はなく縦横断面による堆砂状況の確認や2時期の差分解析による堆砂量把握に利用可能であることを確認した。

(3) 回転翼機とVTOL 型固定翼機の適用性検証

実証実験結果を踏まえ、回転翼機とVTOL 型固定翼機の飛行方法や機体制御の特徴による適用範囲について検証した。VTOL 型固定翼機は一定高度で飛行させ上下移動が少ないことから、バッテリー消費が少なく回転翼機より長時間の飛行が可能であった。また、LTE 通信による機体制御のため尾根をまたぐ複数溪流を横断した飛行が可能である。

点検の方法として、回転翼機は、地形追従飛行により溪流に沿って飛行させ、点検対象施設との離隔を一定で飛行させることが可能であるため、各溪流、施設個別の施設点検や溪流に沿った連続的な状況把握への適用性が高いと考えられる。

一方、固定翼機は高度一定飛行により、広範囲を短時間で撮影し、広範囲の施設状況の把握が可能となるため、広域的な状況把握への適用性が高いと考えられる。これらの機体の特徴と適用場面を踏まえ、適切に活用場面を選択することでUAV点検の活用範囲の拡大が期待できる。

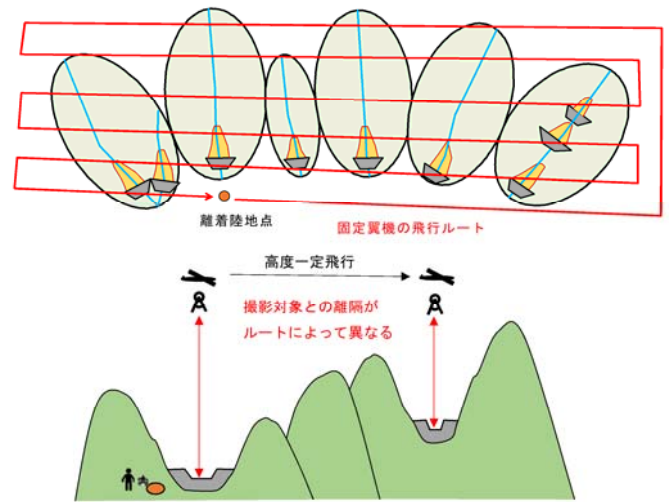


図-5 VTOL 型固定翼機_飛行概念図

4. 実証試験結果のとりまとめ

実証試験結果を踏まえ、UAVの目視外自律飛行による砂防設備点検の有用性や適用場面等について「UAVの自律飛行による溪流調査・施設点検に関する手引き(案)」に整理した。手引き(案)では、安全管理、目視外飛行の留意事項、UAVの関連法令や航空法に関わる許可承認申請等について記載し、実施検証により得られた課題や改善点について整理した。また、緊急点検では災害発生状況の概要を迅速に把握・報告することが重要であるため、目視外自律飛行による砂防施設点検の特性を踏まえた簡易なとりまとめを可能とする点検個票を作成した。

5. おわりに

UAVの目視外自律飛行による砂防設備点検により、1回のフライトで点検可能な範囲を拡大し、1施設当たりの点検時間の短縮や離着陸場所の移動時間削減、作業員の安全性向上を図ることができた。また、VTOL 型固定翼機を活用し、長距離・長時間の飛行による点検範囲の拡大やLTE通信を活用することにより直接通信が確保できない箇所へのUAV点検の適用が期待される。一方、目視外飛行とすることで人家周辺の飛行や撮影に制約が生じることも懸念されるため点検の場面に応じて地上点検、UAVの目視内及び目視外自律飛行による点検と適切に点検手法を選択することで砂防設備点検の効率化につながると考えられる。

今後もUAVの技術は日進月歩であり、最新技術の動向を注視しつつ、既存の点検方法との組合せや手動飛行との併用などにより、砂防設備点検のさらなる効率化・高度化に取り組んでいきたい。

参考文献 1) 広島西部山系溪流巡視点検実施要領(案) R4.3
2) 砂防関係施設点検要領(案) 国土交通省砂防部保全課 R4.3
3) 大盛ら：都市近郊におけるUAVを用いた砂防設備点検方法の検討，令和5年度砂防学会研究発表会概要集，2023，