

狩野川水系における 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 沼津河川国道事務所 村松 弘一，山口 博久，船橋 良太*
アジア航測株式会社 ○川原 彬人，西村 直記，成毛 志乃，廣谷 志穂

※：現 国土交通省 中部地方整備局 富士砂防事務所

1. はじめに

大規模な地震や豪雨が発生した際に、山間部において斜面崩壊が発生した場合、その後の降雨により土砂の二次移動が発生し、下流域に甚大な被害が生じる可能性がある。また、土砂移動や出水により、砂防施設に損傷が生じた場合、期待される機能・性能が損なわれることが想定される。こうした事態を避けるため、沼津河川国道事務所をはじめとする施設管理者は管内の溪流・砂防施設を対象として定期点検や、地震・豪雨後の緊急点検を実施して被害状況を把握し、重大な変状を確認した際には適切な処置を行っている。

沼津河川国道事務所管内における溪流・砂防施設点検の基本的な考え方は、「狩野川砂防施設・溪流状況の把握要領（令和4年4月、沼津河川国道事務所）」（以下、「把握要領」とする。）に示されており、調査方法は、調査員による地上からの目視点検、あるいは、無人航空機（以下、「UAV」とする。）を活用した点検とすることが明記されている。そこで、本稿では沼津河川国道事務所管内の溪流・砂防施設を対象として、UAV を用いた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. 現行の緊急点検手法に関する概要

沼津河川国道事務所管内における溪流・砂防施設点検は「把握要領」に従い、出水期前後に毎年実施される定期点検と豪雨・地震後に実施する緊急点検に区分される。それぞれの概要を表1に示す。なお、「把握要領」では、点検にUAVを活用する旨が記されているが、UAVの具体的な活用方法や必要となる事前準備等については整理されていない。

表1 「把握要領」で定められた点検概要

対象	種別	概要
溪流	定期点検	溪流の全景や谷頭地点までの河床部の状況から変状を確認
	緊急点検	谷出口で変状有無を確認する一次調査と変状に対して詳細を確認する二次調査を実施
施設	定期点検	施設及び周辺環境の変状について簡易計測等を踏まえ定量的に確認
	緊急点検	施設及び周辺環境への変状有無を確認する一次調査と変状の詳細を確認する二次調査（定期点検と同様の点検）を実施

3. UAV 自律飛行を活用した砂防施設点検の手法検討

UAV を活用した点検の実施手法について、点検の目的に応じた検討を行い、将来的に点検業者がUAV点検を実施することを想定した汎用機体の活用を前提として、長距離飛行や近接撮影の活用可能性を評価するために表2の実証試験を実施することとした。なお、管内に位置する溪流は植生の影響で上空から河床の視認が困難であるため、溪流点検は緊急点検を対象として、二次調査前の変状箇所やアクセス路等の概況確認（1.5次調査）を想定した。

実証試験を行うために使用した機体及び機材を表3および図1に示す。

表2 UAV 自律飛行による緊急点検手法の実証試験項目

点検対象	実証試験手法
溪流	- 汎用機体による静止画・動画撮影：緊急点検（1.5次調査）想定 - LTE 対応機体による静止画・動画撮影：緊急点検（1.5次調査）想定
施設	- 汎用機体による静止画撮影：定期点検想定 - Visual SLAM 対応機体による近接静止画撮影：定期点検想定

表3 実証試験に使用した機体・機材

試験に求める性能	使用機体・機材等
汎用機体	MAVIC 3 Enterprise
LTE 対応機体	ANAFI Ai
Visual SLAM 対応機体	Skydio 2+



図1 実証試験に使用した機体（上：MAVIC 3 Enterprise，左下：Skydio 2+，右下：ANAFI Ai）

4. UAV を活用した点検の有効性・課題

4.1 汎用機体を用いた溪流点検

溪流を対象とした緊急点検を想定し、UAV 飛行における支障が少ない10 溪流を対象として、汎用機体 (MAVIC 3 Enterprise) による実証試験を実施した。その結果、準備・撤収を含めて約 25 分～55 分の工程で、静止画・動画データより既往点検における谷頭地点までの概況を確認できた。一方で、屈曲した河道や河道上空が樹木で覆われている箇所では、伝送や監視者の目視範囲等の観点から飛行可能範囲が制限され、流域最奥部までの状況把握は困難となる箇所も確認された。

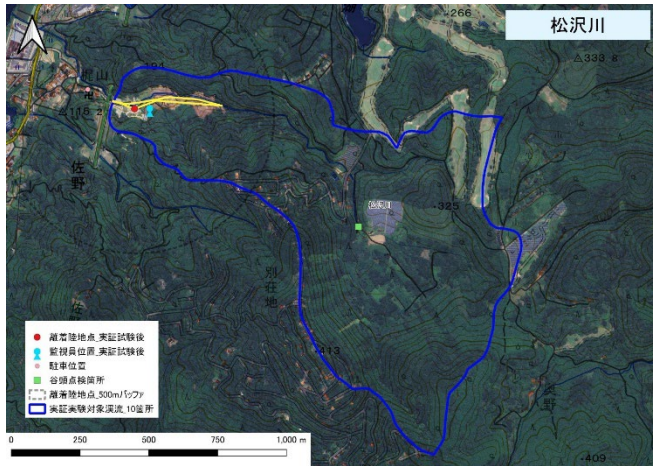


図2 汎用機体を用いた実証試験による飛行ルート例

4.2 LTE 対応機体を用いた遠距離飛行の実施

汎用機体の課題として、尾根等により機体とプロポ間に支障があると伝送が不安定となる点が挙げられる。そこで、汎用機体の伝送 (Wi-Fi 通信) が届きにくい屈曲した河道と複数溪流をまとめて確認できる箇所の2 箇所 (3 溪流) を対象として、より広範囲にわたり伝送を行うことができるLTE 対応機体 (ANAFIAi) を用いて実証試験を実施した。LTE 通信を活用した撮影により汎用機体で確認が困難であった流域内の状況を把握できた。ただし、山間部ではLTE が整備されていない範囲が存在するため、活用範囲が限定される可能性があることが判った。

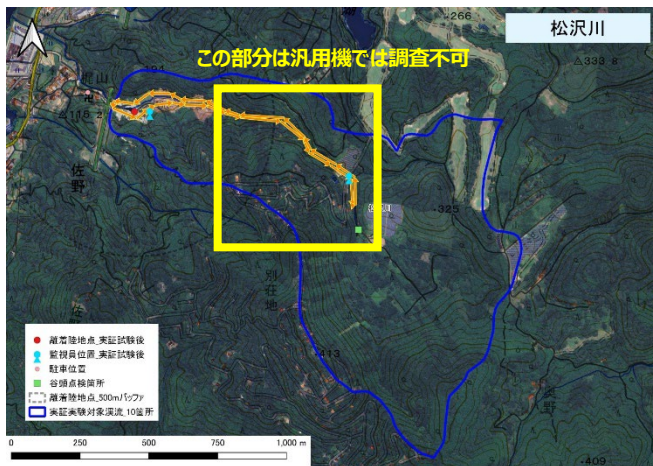


図3 LTE を活用した実証試験における飛行ルート例

4.3 汎用機体を用いた施設点検

砂防施設を対象とした定期点検を想定し、植生状況や工種を踏まえて選定した6 施設 (自律飛行はUAV の影響が少ない1 施設) を対象に汎用機体 (MAVIC 3 Enterprise) の手動・自律飛行による実証試験を実施した。まず、既往点検により確認されていた撮影ポイントにおける静止画撮影を実施した。その後、手動飛行で約 45 分～145 分、自律飛行で約 15 分の工程で、植生が影響しない箇所に対しては概ね同様の静止画を取得可能であることを確認した。なお、自律飛行により高倍率で撮影した際には画角の再現性が低下する傾向が見られた (表4)。

表4 自律飛行による高倍率(×7.0)の撮影結果

自律飛行 1 回目	自律飛行 2 回目

4.4 Visual SLAM 対応機体を用いた施設点検

植生等の支障物の影響により汎用機体での近接が困難となる場合がある。そこで、汎用機体での撮影が困難であったポイントを対象として、Visual SLAM により衝突回避性能に優れ、非 GNSS 環境下においても安定的な飛行が可能となる機体 (Skydio 2+) を用いた実証試験を実施した。その結果、植生が覆いかぶさっている側壁護岸や鋼製部について河床・地表付近からの近接した撮影が可能であることを確認した。近接撮影は非常に詳細な情報を取得可能であるが、Visual SLAM は水滴や細かな枝葉等に対しては障害物としての認識が困難であることから、飛行には注意が必要である。

表5 汎用機体と比較した側壁護岸の点検結果例

汎用機体	Visual SLAM 対応機体

5. 今後の展望

本稿では、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し、実際の点検に活用する際の方針を示すことができた。課題に対しては技術、制度の進展に伴い都度見直していくことが求められる。今後は、レベル3.5 に準じた飛行方法・ルートの設定や撮影結果からの変状自動抽出等を検討することで、効率性と安全性の向上を目指していくことが望ましい。