

川辺川流域における衛星通信を活用した無人ヘリによる溪流・砂防施設点検の実証実験

国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所 下窪 和洋, 遠藤 亮子
日本工営株式会社 ○大屋 俊祐, 水谷 佑, 片山 和祐

1. はじめに

従来、砂防施設点検は人力による目視に依存してきた。しかし、砂防施設は山間部の急峻な地形に整備されていることが多く、到達に多大な時間と労力を要するとともに、急斜面での移動を伴うことから安全面の問題がある。さらに、災害後には迅速な施設点検および溪流状況の把握が求められるが、アクセス制約等により現地への立ち入りが困難となり、点検が実施できない場合がある。近年は UAV を活用した点検の効率化および安全性向上が図られているものの、山間部では LTE 通信不感地帯が存在し、目視外飛行に必要な通信手段の確保が課題となっている。

川辺川流域は急峻で谷が深い地形を呈し、秩父帯および四万十帯の付加体が分布する脆弱な地質条件を有する。このような条件下では、豪雨や地震に伴う土砂移動等により道路途絶が生じ、現地へのアクセスが困難となる可能性が高い。また、過年度には VTOL 型固定翼機(エアロセンス株式会社製, エアロボウイング(AS-VT01))による実証実験が実施されているが、LTE 通信の制約やホバリング不可といった特性により、狭隘な谷部における詳細な撮影や一部区間の状況確認が困難であることが明らかとなっている。以上の課題を踏まえ、本稿では、災害時に現地への立ち入りが困難となる状況を想定し、衛星通信が可能な長距離飛行対応の無人ヘリによる補助者なし目視外飛行(レベル 3.5 飛行)を適用した溪流・砂防施設点検の実証実験について報告する。

2. 対象流域

検討対象は、川辺川上流域の支川である久連子川(流域面積 23.9 km²)であり、流域内には 9 基の砂防施設が整備されている。過去の豪雨時には道路途絶により流域内へのアクセスが困難となった実績があり、現在も土砂堆積や斜面崩壊により、上流部では車両進入ができない区間や徒歩による到達が困難な施設が存在する。このため、本流域は災害時のアクセス制約を考慮した点検手法の確立が求められる流域であり、本実証実験の対象として選定した。



図1 飛行ルートおよび離着陸・緊急着陸地点の設定

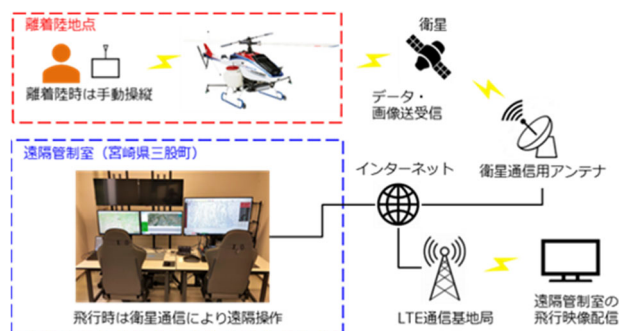


図2 衛星通信による遠隔操作のイメージ

3. 使用機器

実証実験には、衛星通信による制御が可能なヤマハ発動機株式会社製の無人ヘリ「Fazer R G2」を使用した。

本機はエンジン式で、最大飛行時間約 100 分、最大飛行距離約 90 km の長時間・長距離飛行が可能である。通信はプロポ通信および衛星通信に対応しており、携帯電話回線が不通のエリアでも運用可能である。

搭載機器は、任意方向の撮影を行うカメラ (PHASE ONE P3, 約 1 億画素, 焦点距離 80 mm) と、鉛直下方を 3 秒間隔で撮影するカメラ (Sony α7C II, 約 3410 万画素, 焦点距離 18 mm) とした。任意方向の撮影は手動で実施し、砂防堰堤は下流面、鉛直下方、左右岸および上流面を基本に撮影し、崩壊地等は遠望位置から全体を把握できるよう撮影した。なお、本機は自動撮影および複数カメラの同時共有には対応しておらず、飛行中に操作可能なカメラは 1 系統に限られる。

4. 実証実験の概要

離着陸地点は、災害時を想定し、被災リスクの少ないと考えられる流域外の国道沿いに設定するとともに、不測の事態に備え、飛行経路上に緊急着陸地点を設定した。対地高度約 100 m, 総飛行距離約 17 km, 総飛行

時間約 80 分で実施し、道路横断区間を含むことからレベル 3.5 飛行を適用した (図 1)。機体の制御は、離着陸時は現地にてプロポ操作により実施し、飛行中は衛星通信を用いて遠隔管制室から遠隔操縦を行った (図 2)。飛行映像は、衛星通信に加えて LTE 通信を併用して配信し、関係者間で共有し、監視担当者が映像を基に撮影対象箇所を判断し、操縦者に指示する体制とした。

5. 結果と課題

実証実験の結果、VTOL 型固定翼機と比較して、本機は衛星通信を活用することで携帯電話回線が不通なエリアでも飛行が可能であり、地形的制約により確認が困難であった区間についても状況の確認が可能であった。さらに、ホバリングによる柔軟な撮影および高解像度カメラの活用により、対地高度約 100 m においても堰堤の微細な変状を確認でき、近接撮影に相当する詳細な把握や崩壊地等の全体把握が可能であることを確認した。VTOL 型固定翼機は LTE 通信を利用した運用となり、撮影は主に鉛直下方が中心となる。このため、狭隘な谷地形においては、通信環境や地形条件に応じて、飛行範囲や撮影対象に一定の制約が生じる場合がある。これに対し、本機は衛星通信による飛行継続およびホバリングによる任意の角度からの撮影が可能であり、砂防堰堤の前面・背面・左右岸の詳細な状況に加え、崩壊地等の全体像を把握できる (図 3, 図 4)。

一方、映像伝送に数秒程度の遅延が生じることに加え、複数カメラの同時共有ができず 1 つのカメラ映像に限定されることや、高解像度カメラによる画角の制限から、監視担当者が周辺状況を十分に把握できず、操縦者への指示伝達に遅れが生じた。本実証実験では、災害時における被災箇所の事前特定が困難な状況を想定し、自動ホバリングは設定せず手動操作による停止・撮影を基本とした結果、これらの制約により撮影対象を通過する事例が発生し、作業効率の低下が認められた (図 5)。事前に位置が把握できる砂防堰堤等については、初回飛行からホバリングによる停止撮影を基本とし、事前把握が困難な崩壊地等については、初回飛行において広角カメラによる遠望撮影を行い、流域全体を把握した上で顕著な変化箇所を抽出し、2 回目の飛行において高解像度カメラ等を用いたホバリングによる近接撮影を行う二段階運用が有効と考えられる。

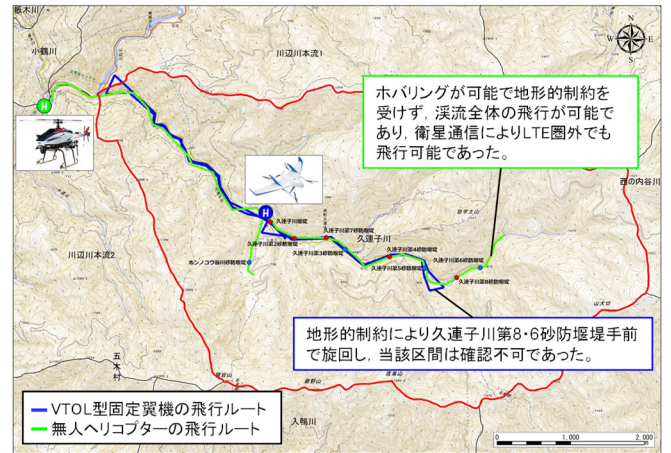


図 3 VTOL 型固定翼機と無人ヘリの飛行ルート比較

撮影対象	VTOL型固定翼機の撮影画像	無人ヘリの撮影画像
砂防堰堤		
崩壊地		

図 4 VTOL 型固定翼機と無人ヘリの撮影結果比較

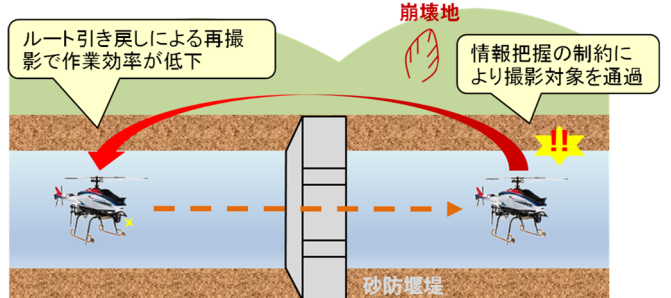


図 5 自律飛行時における撮影対象通過のイメージ

6. おわりに

以上を踏まえ、今後は遠望撮影と近接撮影を段階的に実施する飛行計画の有効性の検証に加え、本機の高ペイロード (約 35 kg) を活かした複数センサ (LiDAR・赤外線カメラ等) の同時搭載による情報取得の高度化を図る。さらに、1 日当たりに調査可能な溪流数を把握し、災害時における実用的な運用手法および実施体制の確立に向けた検討を行う予定である。

参考文献

1) 田方ら:川辺川流域における UAV 自律飛行による砂防施設点検の試行, 令和 5 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.505-506, 2023.