

常願寺川流域における VTOL 型ドローンを用いた流域調査手法の検証

国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所 三輪賢志^{*1}, 長谷川真英^{*2}, 川合康之^{*3}

^{*1} 国土交通省大臣官房, ^{*2} 国土交通省北陸地方整備局, ^{*3} 国土交通省北陸地方整備局利賀ダム工事事務所
日本工営株式会社 ○三池力, 松永一慶, 右近則男, 西井洋史
エアロセンス株式会社 佐部浩太郎, 今井清貴

1. はじめに

砂防の現場においては、急峻な地形に砂防関係施設が建設され、土砂・流木の流出や洪水流が頻繁に発生するため、安全面と作業効率性において流域調査手法にドローンを活用することが有用である。豪雨や大規模地震等の災害発生時では、管理者は施設の被災状況や斜面崩壊、土砂・流木流出等の発災状況をできる限り迅速に把握し、関係者に情報伝達することが求められる。

常願寺川上流域の立山カルデラに分布する膨大な不安定土砂(鳶泥)が崩壊・侵食され流出する可能性を有しており、日々砂防関係施設の整備が行われている。災害発生時には流域周辺の道路やトンネル等のインフラが被災するリスクや、二次災害の発生、通信環境の途絶等も想定されるが、管理者が現地へ出向き、現地状況を確認し、迅速に報告する際には多くの課題がある。

このような災害時での流域調査を想定し、長距離で飛行し広範囲の撮影が可能な垂直離着陸型固定翼ドローン(以下、VTOL型ドローンと呼ぶ)を用いた流域調査手法について、立山カルデラ及び常願寺川流域で実施した現地検証結果を報告する。

2. 流域調査手法としてのドローンの活用目的

近年、砂防の現場においてドローンの活用局面が増えており、特に砂防施設点検では人による目視点検からドローン撮影による点検手法への転換が進められている¹⁾。施設点検は維持管理が目的となるため、施設毎の詳細な変状の分布や程度、周辺状況の確認が重要である。一方、災害時における流域調査においては、対象流域の既存砂防施設やインフラ、保全対象施設等の被災状況や、崩壊や土石流等の発生状況を広範囲かつ的確に把握することが目的となる。また、流域調査で得られた各種情報は、いち早く管理者に情報伝達することが重要である。これをふまえ、長距離の飛行能力と通信性能を有するVTOL型ドローンを活用し、流域調査手法の検証を行った。

3. VTOL 型ドローンの概要

前述したとおり、緊急時においては長距離飛行と情報通信性能が求められる。VTOL型ドローンは長距離飛行が可能であり、上昇下降に要する滑走距離が不要のため、砂防の狭隘な現場で優位である。これに加え、

長距離かつリアルタイムでの通信性能に優れ、国内での砂防現場での飛行実績も鑑み機体を検討した結果、エアロセンス社製のエアロボウイング(AS-VT01)を選定した。機体仕様を表-1に示す。

表-1 VTOL 型ドローン機体仕様

外形寸法	2.13×1.2×0.45m(プロペラ含まず)
飛行可能時間	最大40分
最大飛行距離	50km
最大飛行速度	100km/h
通信形式	2.4GHz通信、LTE通信
本体重量	9.2kg(バッテリー含む)
搭載カメラ	前方カメラ(内蔵)、下方カメラ(メインカメラ、内蔵カメラ交換、ジンバル取付可能)

4. 現場検証

4.1 カルデラ内の流域調査

立山カルデラ内で豪雨が発生した直後を想定し、VTOL型ドローンを用いカルデラ山麓斜面の崩壊状況と常願寺川支川湯川流域の河道状況の把握及び情報伝達を目的とした流域調査の現場検証を行った。LTE通信を用いた目視外飛行を行い、飛行距離約17km、飛行時間約15分、飛行高度は対地高度150m未満でのフライトを実施した。ドローン前方カメラからのリアルタイム伝送画像では溪岸山腹や施設、河道の存在は把握できるが、詳しい状況の把握は困難であった。下方カメラは高解像度で撮影しており、フライト後の画像確認では河道や堰堤・道路等の施設の状況は詳細に確認可能、オルソ画像の作成が可能であった。飛行速度や風の影響等により、機体のブレが頻繁に発生するため、撮影画像が乱れた。日光の照り返しや逆光により画像が正確に視認できない事象も確認された(図-1)。

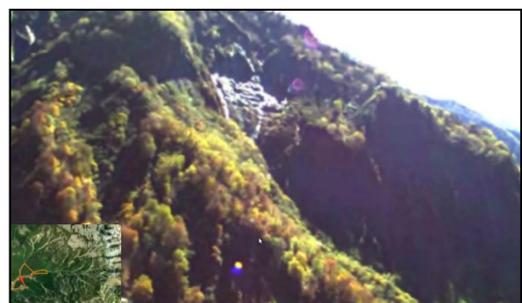


図-1 前方カメラのリアルタイム配信画像(大鳶崩れ付近)

4.2 常願寺川における流域調査

カルデラ内流域調査の検証結果をふまえ、前方カメラをジンバル台座による高解像度カメラに変更し、

2.4GHz 通信及び LTE 通信を用いた目視外飛行を行い、飛行距離約 5km、飛行時間約 5 分、飛行高度は対地高度 150m 未満でのフライトを行った。飛行ルートを直線的にし、ウェイポイント間距離を十分確保する等の改善により、リアルタイム伝送される画像が前方カメラより鮮明となり、溪岸山腹や河道の状況を概括的に把握することが可能となった(図-2)。一方で、施設の詳細な状況を確認することについては課題が残った。常願寺川の河道幅は約 130m、左右岸の溪岸斜面間の距離は約 200m であり、ドローンが飛行する対地高度約 140m の画角においては1フライトの撮影で河道と溪岸斜面全体を確認することができなかった。カメラの俯角や方向を溪岸側に向ける等の工夫により改善がみられた。



図-2 高解像度カメラでのリアルタイム配信画像

4.3 雪崩調査

立山周辺は豪雪地帯であり、冬季の常願寺川上流域は現場への立ち入りが出来なくなる。一方で、融雪期では毎年多くの雪崩が発生しており、雪解け後に現場に入るまで雪崩被害を確認することが困難であった。常願寺川流域に発生する雪崩を早期に発見する目的で、3月の融雪時期に VTOL 型ドローンによる雪崩調査を実施した。2.4GHz 通信を用いた目視外飛行を行い、飛行距離約 8km、飛行時間約 8 分、飛行高度は事前の承認申請によりドローンの飛行高度を対地高度約 400m まで上昇し撮影を実施した。河道や山腹斜面全体が把握可能となり、右岸溪岸斜面上方より雪崩が発生し、工事用道路まで到達していることが確認できた(図-3)。

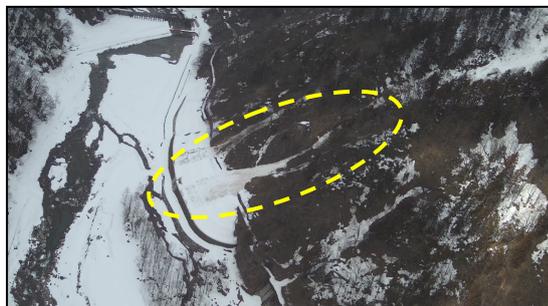


図-3 雪崩発生撮影画像

5. 通信方法

今回選定した VTOL 型ドローンは、機体と操縦端末との通信方法として、2.4GHz 電波帯域による通信と携帯電話帯域の LTE 通信が可能である。対地高度 150m

未満の飛行においては、LTE 通信を利用できるため、立山カルデラは LTE 電波帯域に入っていることから、事前に電波強度・品質をシミュレーションすることで飛行時の通信環境を確認、安全な飛行計画に資することができた(図-4)。また、対地高度 150m 以上の高高度においては、2.4GHz 長距離通信モジュールを用いることにより、通常通信範囲は約 2km であるが、0.4W のハイパワー出力で約 6km 程度まで通信範囲が拡大する。雪崩調査のケースにおいてはハイパワー出力により最上流まで距離約 4km で通信が可能であった。

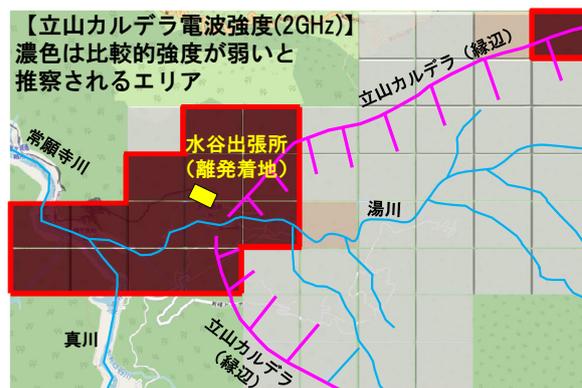


図-4 LTE 電波帯域シミュレーション結果

6. 検証成果

災害時を想定した VTOL 型ドローンによる流域調査手法の現地検証結果を以下に述べる。

- ・目視外飛行による長距離・高速度条件において立山カルデラ周回飛行は可能であったが、機体のブレや風・旋回の影響、内蔵前方カメラの性能が原因となり、リアルタイム画像での詳細な現地把握は難しかった。
- ・飛行方法や撮影カメラを工夫することにより、現地状況確認の正確性は改善できることが得られた。
- ・調査対象物の位置や範囲、規模を考慮し、飛行高度やルート、通信方法を平常時に事前に検証し設定することで、緊急時での流域調査の対応に資する。
- ・冬季の雪崩調査においても、VTOL 型ドローンによる流域調査は有用であった。

7. まとめ

災害時にドローンを用いて流域調査を実施するにあたっては、長距離飛行と通信性能を有する機体を選定し、調査目的と対象物や飛行範囲を予め想定した飛行計画を検証・立案することが重要である。今後は台風通過後等の気象条件が不安定な状況下においても検証を重ね、緊急時での迅速に対応が出来るようにする必要があると考える。

参考文献

- 1) 北陸地方整備局河川部：UAV による砂防関係施設点検要領(案),2020