

緊急時における 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 石田孝司^{*1}, 中田圭一^{*2}, 奥井淳^{*3}, 山田修汰^{*3}

^{*1}国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所, ^{*2}国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所, ^{*3}国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所
日本工営株式会社 ○松永一慶, 山田理沙, 三池力
エアロセンス株式会社 佐部浩太郎, 今井清貴

1. はじめに

日本の山地流域の多くは急峻な地形が広がっており、大規模な出水や地震が発生した場合は、山腹崩壊、土砂・流木の流出等の状況を安全且つ迅速に把握することが求められる。

しかし、豪雨や地震後の緊急時は流域内の砂防施設や管理用道路等が被災していることが想定され、二次災害発生リスクが高いことから、人による確認作業は安全性や効率性の観点で課題がある。また、防災ヘリ等の有人航空機を活用した流域の目視確認やレーザ測量も想定されるが、航空機の手配調整や飛行時の気象条件、レーザ測量後の地形データの作成に至るまでに迅速な対応が困難なことなどが課題である。

一方で近年、ドローンの普及や技術進歩は目覚ましく、砂防の現場においてもドローンの活用局面が増えている。特に垂直離着陸型固定翼ドローン(以下、VTOL型ドローン)は、長距離の高速飛行能力と通信性能を有しており、有人航空機の代替ツールとしてより簡易且つ迅速な広範囲の流域調査への活用が期待される¹⁾。しかし、豪雨や地震後を想定した緊急時におけるドローンを活用した飛行調査方法や、調査結果から得られた崩壊や土砂流出等の地形変化の把握および定量的な評価、最終的に関係機関への情報伝達に至る一連の作業の検証はこれからの段階である。

本発表では、立山砂防事務所が砂防関係事業を実施する立山カルデラを対象に、豪雨や地震後の緊急時における流域調査および被災状況把握手法の確立を目的として、VTOL型ドローンを活用した一連の作業の実施結果について報告する。

2. VTOL 型ドローンの概要

VTOL型ドローンは長距離且つ高速飛行が可能であり、また上昇下降に要する滑走距離が不要のため、立山カルデラのような広範囲の点検を迅速に行うことにおいて有用である。また、インターネット通信を介した遠隔での情報伝達が可能なLTE通信等が利用できること等を鑑みて利用機体を検討し、エアロセンス社製のエアロボウイング(AS-VT01)を選定した。機体の外観、機体仕様を図1、表1に示す。



図1 使用した VTOL 型ドローンの外観

表1 VTOL 型ドローン機体仕様

本体重量	9.2kg(バッテリー含む)
飛行可能時間	40分(ペイロードなし)
最大飛行速度	100km/h(本検証は65km/hで実施)
通信形式	LTE通信、2.4GHz通信
外付けカメラ(本検証時)	FLIR Duo Pro R(フリアーシステムズ社製) : 前方動画撮影(シンバル付き) Sony UMC-R10C(SONY社製) : 下方静止画撮影(シンバル付き)

3. 作業内容

緊急時の流域調査手法を確立するために、以下に示す作業を一連で実施した(2023年10月27日実施)。

3.1 VTOL 型ドローンによる現地検証フライト

立山カルデラ内において、図2に示す飛行ルート(東西約3km、南北約2km)を設定し、計2回の低高度(対地高度150m未満)自律飛行調査を実施した。1フライト目は前方動画撮影を行い、撮影映像から溪流や砂防堰堤等の状況把握の可否を確認し、手法の有用性を検証した。2フライト目は、下方静止画撮影を広域に行い、3.2以降の作業に資するデータを取得した。

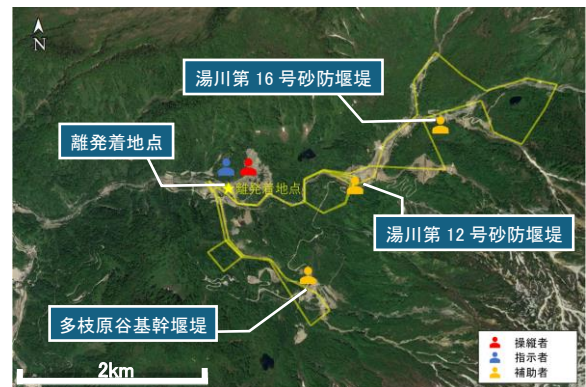


図2 飛行ルート

3.2 SfM 解析によりオルソ画像・三次元点群作成

上記3.1で撮影した下方静止画データを既往のクラウドサービス上の解析プログラムにアップロードし、SfM解析により三次元点群を作成した。また、解析時にはPK測位処理(後処理キネマティック:GNSS測量で記録したデータを後から電子基準点のデータで補正する手法)を実施し、座標補正を行った。

3.3 三次元点群の標高差分析

解析ソフト(TREND POINT 福井コンピュータ社提供)を活用して、3.2で得られた三次元点群と、令和3年度の航空測量成果のLPデータ(以下、R3LPデータ)との標高差分析を実施し、浸食・堆積状況の視覚化と、標高差分析の精度確認を行った。

4. 実施結果

4.1 前方動画撮影成果

1フライト目では、外付けカメラによる4K映像(録画、図3)を撮影し、溪流や砂防堰堤の状況を鮮明に把握することができた。また、高高度(対地高度300~500m)による前方動画撮影においては、溪流と山腹を含めた流域全体を俯瞰的に撮影することができ(図4)、低高度撮影と比較して流域状況をより広域的に把握する際に有効である。



図3 前方動画撮影成果(対地高度150m未満)



図4 前方動画撮影成果(対地高度300~500m)

4.2 標高差解析成果

2フライト目で撮影された下方静止画から作成した三次元点群と、R3LPデータとの標高差解析結果を図5に示す。赤く示されている植生の影響部分を除き、河床部分に関しては白色(最大差異±1m未満)の差分判定が多くを占めており、部分的に赤や青の判定がみられた(2年間の土砂変動と推定)。以上より本解析結果は、有人航空機からの目視による状況確認の精度を考慮した場合、出水後の土砂動態を把握する目的において有用な算出精度であると推測された。

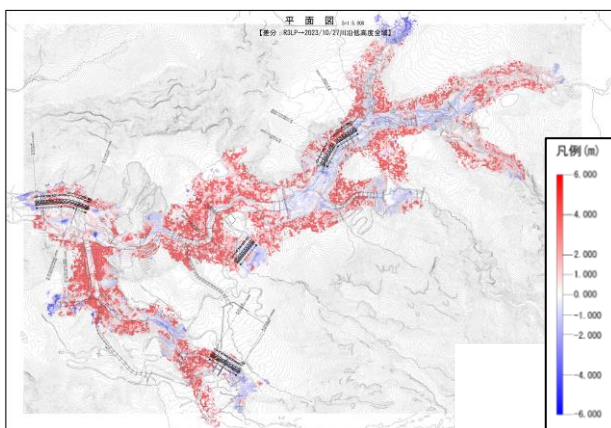


図5 標高差解析結果(赤:堆積、青:浸食)

4.3 作業所要時間の整理

今回実施した現地検証のうち各種作業の所要時間を表2に示す。4.1、4.2で示した撮影動画・点群座標の精度に対し、現地での流域調査から標高差解析、関係機関への報告に至るまで、データの送受信や自動解析において人を介した操作を経由したが、およそ1日程度で実施可能であることが確認された。実際の現地検証では、朝8時半頃から現地作業を開始し、同日19時頃に検証結果を関係機関に報告した。

表2 検証諸元および各種作業の所要時間

検証諸元	
写真枚数	685枚
対象面積	1.8km ²
実施内容	所要時間
現場到着~フライト完了	3時間
写真をクラウドにアップロード	1.5時間
クラウドでSfM処理	3時間*
クラウドからデータダウンロード~差分解析~成果図面出力	1.5時間
総所要時間	9時間

5. まとめ・今後の課題および展望

本検証作業では、立山カルデラ内の砂防関係事業実施エリアを対象とした、豪雨や地震後の緊急時における流域調査および被災状況把握手法の確立を目的として、VTOL型ドローンを用いた自律飛行調査、三次元点群作成、三次元点群の標高差解析の作業を行った。近い将来、施設管理者や点検実施者の減少を考慮し、ドローンを活用した自律的な流域調査の運用方法や、撮影からデータ転送、標高差解析の効率化やワンストップ化を検証し、省力化や安全性向上に資する緊急時の点検手法の構築が必要となる。以上を踏まえ、今後の課題および展望を以下にまとめる。

① 点群処理・解析の自動化を目指したが、クラウドサービスや解析ソフトを用いた作業では、人を介したアップロード・ダウンロードが必要となった。今後はさらなる作業の省力化を目指し、撮影写真を自動でクラウドサービスへアップロードし、標高差解析まで一括で実施可能な解析技術が求められる。

② 今回は立山カルデラ内のヘリポートまで機体を運搬し、機体の組み立てや事前動作確認等を実施し、飛行検証を行った。今後は運用の実現に向けて、現場にて機体を管理・保管し、緊急時は遠隔操作による飛行準備と自律飛行調査を行う等の体制構築を目指すべきと考える。

参考文献

1) 三池ら: 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 令和4年度砂防学会研究発表概要集, pp. 331-332, 2023