

木曽川流域における緊急時を想定した VTOL 型ドローンによる流域調査手法の検証

国土交通省 中部地方整備局 多治見砂防国道事務所 森下 淳^{※1}・市川 東大^{※2}・大畑 隆史^{※3}・西條 裕道・西崎 涼真^{※4}

日本工営株式会社 ○秋元 悠太郎・三池 力・西 陽太郎

エアロセンス株式会社 佐部 浩太郎・今井 清貴・小畑 すみれ

※1：現 国土交通省 砂防部 保全課 土砂災害対策室 ※2：現 中部地方整備局 河川部

※3：現 中部地方整備局 木曽川水系ダム統管理事務所 管理課 ※4：現 中部地方整備局 河川部 水災害対策センター

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、人による現地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状況把握やレーザ測量も想定されるが、航空機の手配調整やレーザ測量後の地形データ作成に至るまでに迅速な対応が困難なことが課題となっている。

一方で、近年ドローンの普及や技術の発展は著しく、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 型ドローンと呼ぶ）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³⁾。

本発表では、国土交通省が砂防事業を実施し、土砂の発生・移動が顕著な木曽川水系の滑川上流域～北股沢源頭部を対象に、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現地検証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か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、当該箇所のような狭窄な谷地形を形成する地域での迅速な広範囲の点検実施において有用である。また、LTE 通信を用いた遠隔での情報伝達が可能であること等を考慮し、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 エアロボウイング（AS-VT01）の外観

表1 機体仕様

本体重量	9.45kg（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
使用したカメラ	前方動画撮影：FLIR Duo Pro R（フリアーシス テムズ社製） 下方静止画撮影：Sony UMC-R10C（Sony 社製）

3. 現地検証内容

3.1 VTOL 型ドローンによる現地検証フライト

滑川上流域～北股沢源頭部において、図2に示す飛行ルート（総飛行距離約21km（高度上昇のための旋回も含む）、対地高度150m以上）を設定し、①前方動画撮影、②下方静止画撮影の2フライトを実施した。飛行申請は、目視外飛行及び対地高度150m以上の高高度飛行の許可承認を取得し、レベル3相当の飛行を行った。①前方動画撮影では、緊急時を想定した撮影映像のリアルタイム配信を行い、溪流や砂防堰堤の状況把握の可否を検証した。②下方静止画撮影では、飛行ルートの下方静止画撮影を行い、3.2以降の作業に必要な画像データを取得した。



図2 飛行ルート

3.2 オルソ画像・三次元点群作成

撮影した下方静止画データを既往のクラウドサービス（エアロクラウド、エアロセンス社提供）上の解析プログラムにアップロードし、SfM解析によりオルソ画像・三次元点群を作成した。また、解析時には PPK 測位処理（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解析

既往の解析ソフト（TREND POINT、福井コンピュータ社提供）を活用して、実証試験で得られた三次元点群と令和元年度に計測した既往の LP データ（以下、RILP データと呼ぶ）との標高差解析を実施し、侵食・堆積状況の視覚化と標高差解析の精度確認を行った。

4. 現地検証結果

VTOL 型ドローンによる現地検証は、2 種類のフライトケースを実施した。検証結果を以下にまとめる。

4.1 前方動画撮影成果

1 フライト目では、4K カラー映像（録画）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（図3）。また、撮影映像をリアルタイム配信で受信した映像においては、溪岸山腹や砂防堰堤、河道の存在は把握できるが、斜面崩壊発生箇所等の把握は困難であった（図4）。



図3 前方動画撮影成果（録画）



図4 前方動画撮影成果（配信映像）

4.2 標高差解析成果

2 フライト目では、下方静止画像撮影結果から作成された三次元点群と、RILP データとの標高差解析結果を図5に示す。赤色が堆積傾向を、青色が侵食傾向を示しており、河床部分に関しては白色（最大変位±2m 未満）が多くを占め、部分的に堆積や侵食の判定がみられた。これは約5年間の土砂変動や除石工事によるものと推定される。具体には、河床内の治山堰堤付近での堆積傾向やその上流では侵食傾向がみられた。なお、河床両岸斜面の赤色表示範囲は、植生の影響（樹木の高さがプラスの変位として表れている）によるものである。

以上の解析結果を踏まえ、溪流状況や砂防堰堤の状況が平面的に把握可能であり、緊急時における新規崩壊の抽出や土砂流出等の地形変化を概括的に把握する目的において有用であると考えられる。

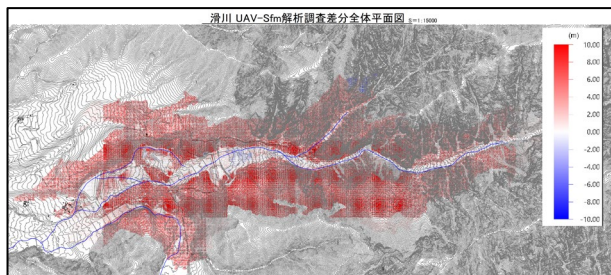


図5 標高差解析結果（赤：堆積，青：侵食）

4.3 作業所要時間の整理

本現地検証における各作業の所要時間を表2に示す。現地での飛行準備から飛行完了、標高差解析の実施、関係機関への報告を行うまでの一連の作業に約8.5時間を要した。災害時を想定した場合には現地確認から報告まで求められるが、およそ1日で現地撮影画像の提出に加えて、差分解析結果より現地状況の変化の有無の報告が可能であることを確認した（実際は、朝9時頃より現地作業を開始し、同日19時頃に関係機関へ検証結果を報告）。

表2 現地検証 各作業における所要時間

実施内容	所要時間
飛行準備→フライト完了	約1.5時間
撮影写真をクラウドへアップロード	約1.5時間
SfM解析(クラウド内)	約3.0時間
クラウドからデータダウンロード→標高差解析→成果図面出力	約2.5時間
総作業時間	約8.5時間

5. まとめ・課題および展望

滑川上流域～北股沢源頭部における実証試験では、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て、VTOL 型ドローンを用いた溪流状況調査（リアルタイム映像配信、オルソ画像・三次元点群作成、標高差解析）を実施した。標高差解析結果より、本実証試験で作成した三次元点群は、緊急時における地形変化を把握する目的において有用であると考えられる。

本実証試験では、VTOL 型ドローン飛行時の安全確保のため、補助者を複数人配置し実証試験を行った。しかし、大規模な出水や地震が発生した緊急時には、交通インフラが被災し、補助者が現地に赴くことが困難となり、作業員の確保についても課題がされ、より安全性向上や省力化を講じた緊急時の点検手法の確立が必要である。

そこで、本実証試験の次のステップとして、従来補助者を配置し対応していた無人地帯の安全確保を、ドローンの機上カメラにより代替するレベル3.5飛行⁴⁾でのVTOL 型ドローン飛行実証試験を実施する予定である。現在、木曾川水系中津川において、レベル3.5飛行の実施に向けた飛行申請手続きを進めている。

参考文献

- 1) 矢作ら：木曾川水系における UAV 及び関連技術を活用した砂防施設点検に関する取り組み 令和6年度砂防学会研究発表概要集，pp.453-454，2024
- 2) 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
- 3) 松永ら：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 令和6年度砂防学会研究発表概要集，pp.323-324，2024
- 4) 国土交通省航空局無人航空機安全課：カテゴリーⅡ飛行（レベル3.5飛行）の許可・承認申請について，2024