

六甲山系における UAV を活用した砂防施設点検方法の検討 ～固定翼機によるレベル3飛行～

国土交通省 近畿地方整備局 六甲砂防事務所 小竹利明, 前田竜治^{※1}, 山下牧子
中電技術コンサルタント(株) ○安井ゆりか, 河井恵美, 荒木義則, 久家政治, 高橋源貴, 中西まどか

1. はじめに

六甲山系直轄砂防事業管内には急峻な山地が存在し、その山裾には人家が密集している。地震時や一定規模の降雨後には、土砂流出等の状況を迅速に把握することが求められ、同時に多くの砂防施設の点検が必要となる。しかし、砂防施設は狭隘な山間部や山麓部の谷出口等に位置しているため、点検作業者の安全や作業効率に課題がある。近年では、UAV を活用した砂防施設点検が進められており、徒歩による目視点検を UAV 点検に置き換えることで、点検作業の安全性や点検の効率化が期待される。

本稿では、六甲砂防事務所が砂防事業を実施する芦屋川流域を対象に行った実証試験飛行結果を踏まえ、VTOL 型 UAV による砂防施設点検の適用性についてとりまとめた成果を報告する。

2. 事前調査と使用機体の選定

本実証試験の対象流域である芦屋川流域の山裾には人家等が密集しており、離着陸地点を設定することができないため、離着陸地点を流域の上流側に設定することとした。

事前調査の際、流域の上流側から下流側の溪流に向かって高度を下げて UAV を飛行させた場合、2.4GHz 帯の周波数を使用する回転翼機では尾根に遮られ、安定した通信状況下で飛行させることが困難であった。そのため、本実証試験で使用する機体は、見通しの効かない場所でも飛行可能な LTE 通信を搭載し、高度一定飛行により安定した通信状況下で飛行可能な機体を選定条件として、VTOL 型 UAV を選定した。

VTOL 型 UAV の特徴は、高速かつ長距離・広範囲の飛行が可能であることや LTE 通信等が利用できることが挙げられる。実証試験で使用した「エアロセンス社製 AS-VT01」の諸元を表-1 に示す。

表-1 使用機体「AS-VT01」の諸元

機体写真	
サイズ	2,130mm(翼幅寸法)
重量	9.2kg(バッテリー込み)
最大飛行速度	100km/h
最大飛行時間	40 分

3. レベル3飛行による飛行計画の立案

芦屋川流域を対象に、目視外補助者無し飛行(レベル3飛行)による砂防施設点検の飛行計画を立案した。

飛行範囲は、機体の飛行可能時間等を考慮し、離着陸地点から飛行可能な範囲で流域外(住吉川)の施設も一部点検対象に含める計画とした。飛行計画における点検対象施設は17基(芦屋川:10基、住吉川:7基)とした。なお、点検方法は流域全体の状況をより迅速に把握するため、インターバル撮影を選定した。また、撮影データを用いて SfM 解析をしたオルソ画像から可能な範囲で施設の変状や堆砂状況の変化の有無を把握することを目的とした。

離着陸地点は、現地状況を確認した上で芦屋川上流域の平坦地を選定した。当該飛行区域は人口集中地区(DID)および飛行制限区域には該当しないが、通行車両の安全面を確保することを目的として、自動車専用道路から一定距離の離隔を確保した飛行ルートを設定した。

当該飛行における航空局への許可・承認申請は、インフラ点検を目的とした飛行マニュアルに基づき、目視外および高高度の飛行に関する申請を行い、許可・承認を得た。

実証試験の飛行計画平面図を図-1 に示す。

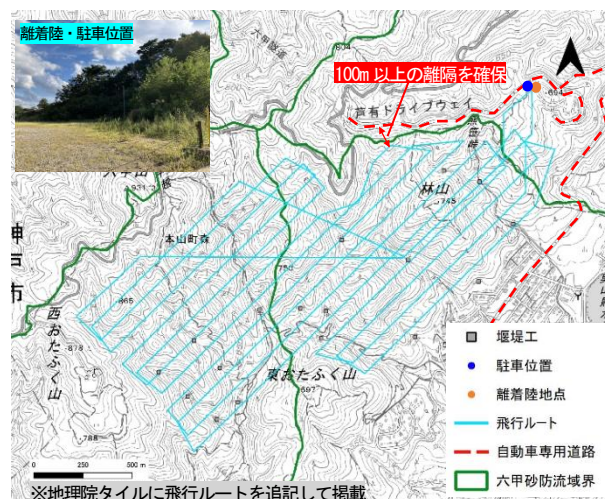


図-1 飛行計画平面図

4. レベル3飛行による実証試験飛行結果

芦屋川流域を対象に、目視外補助者無し飛行(レベル3飛行)による砂防施設点検の実証試験を実施した。

実証試験飛行では、飛行ルートの西側の一部で機体の旋回に伴いプロポの画像伝送の通信状態が弱くなる場所があったが、機体制御の通信は安定しており、安全に飛行させる

※1 現所属：国土交通省 近畿地方整備局 国営明石海峡公園事務所

ことができた。また、実証試験飛行の内容（インターバル撮影）では、1フライトで点検対象としていた施設全体を撮影できることを確認した。実証試験飛行結果および SfM 解析により作成したオルソ画像を表-2、図-2 に示す。

表-2 実証試験飛行結果

飛行時間	26 分
対地高度(最大)	約 100m (170m)
飛行速度	65km/h
最大飛行速度	75km/h
シャッター間隔	0.4s
撮影角度	90° (垂直下向き)
撮影枚数	4,221 枚
総飛行距離	30,144m
バッテリー消費量	54%



図-2 作成したオルソ画像

実証試験飛行における1施設あたりの点検時間は約1.5分であり、現地作業時間を大幅に削減することができた。一方で、本実証試験後に行った SfM 解析では多くの時間を要した（約20時間）ため、今後の点検においては、データ処理時間を考慮した上で点検目的に応じて撮影諸元を設定することが望ましい。

実証試験飛行結果を踏まえ、VTOL 型 UAV による砂防施設点検の適用性について検討した。VTOL 型 UAV は広範囲を短時間で撮影できることが特徴の一つであり、災害時等の作業員の安全確保が困難かつ緊急性を要する場面での活用が期待される。なお、緊急時に本実証試験と同様の飛行を行う場合、高高度飛行のための申請が別途必要となるため、迅速に対応できるように航空法への対応について事前準備をしておくことが望ましい。通信に関しては、LTE 通信による機体制御のため、山間部の直線見通しが効かない場所においても安定した通信を確保し飛行することが可能であった。

5. 搭載カメラの地上解像度の確認

実証試験で使用した機体及び搭載カメラについて、対地高度とクラックの認識可能幅（想定：読み取り下限値=地上解像度×1/5）との関係について確認した。搭載カメラの解像度は約6,100万画素であり、撮影倍率は1倍、撮影角度は90度である。なお、読み取り下限値とはカメラの諸元（焦点距離等）から計算で想定される読み取り値の最小値のことである。現地にて撮影を行った結果、本実証試験における堰堤地点での対地高度約100mで3.0mm程度（読み取り下限値2.146mm）のクラックが判別できることを確認した。これらの結果を踏まえ、変状レベルc程度の顕著な変状についてはUAV点検で把握することが可能と考える。地上解像度イメージおよび搭載カメラを図-3および図-4に示す。

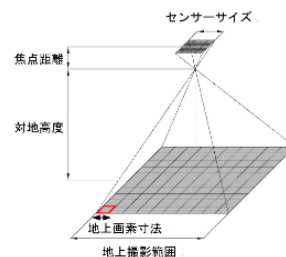


図-3 地上解像度イメージ



図-4 SONY ILX-LR1

6. 実証試験飛行結果のとりまとめ

実証試験飛行結果を踏まえ、UAVの自律飛行による砂防施設点検の有用性や適用場面等について「UAV自律飛行等による砂防施設点検要領(案)」にまとめた。要領(案)では、安全管理、UAVの関係法令や航空法に関わる許可承認申請、飛行ルート作成時の留意点等、実証試験から得られた課題や改善点等を記載した。

また、UAV点検により撮影したデータ等は、点検個票へ整理する作業の効率化やデータ蓄積の観点から、点検個票とデータベースを同時に作成できるプログラムを作成した。

7. おわりに

本稿では、芦屋川流域を対象にVTOL型UAVによる砂防施設点検の実証試験飛行を行った結果を報告した。1回のフライトで調査対象箇所全範囲（17施設）の点検が可能であり、現地における点検時間の短縮や省人化、作業員の安全性向上を図ることができた。また、VTOL型UAVは、離着陸場所からの直線見通しが効かない場所で飛行させる場合や、緊急時に広範囲に渡り連担した溪流内の施設状況を迅速に把握したい場合において、有用であることが明らかになった。

今後もUAVの最新技術の動向に注視し、砂防施設点検のさらなる効率化・高度化に取り組んでいきたい。

参考文献 1) 大盛ら：都市部におけるVTOL型UAVを活用した砂防施設点検方法の検討, 令和6年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 415-416, 2024