

六甲山系における UAV 自律飛行による砂防施設点検の実証

国土交通省 近畿地方整備局 六甲砂防事務所 山下牧子^{※1}, 野村康裕, 川原崎智也
中電技術コンサルタント(株) ○村山有祈, 河井恵美, 中西まどか, 安井ゆりか, 青田凌昌

1. はじめに

六甲山地は兵庫県南東部に位置する山地であり、六甲砂防事務所管内には 565 基の砂防堰堤をはじめとした砂防施設がある。令和 6 年度に行われた六甲山系砂防施設調査点検業務では、約 9 割の砂防施設について対象に点検が実施され、そのうち 2 基で UAV による点検が行われた。一方で、点検が実施された砂防施設の大半は徒歩により行われており、点検完了までに多くの日数を要した。

また、六甲砂防事務所管内では過去に UAV の無人地帯での補助者なし目視外飛行（以下、「レベル3 飛行」という。）による砂防施設等の調査・点検が実証¹されており、点検の効率性・安全性²⁾の向上が示された。

そこで本稿では、六甲砂防事務所管内において UAV による砂防施設等の調査・点検箇所数の増加を図るために、UAV 自律飛行による点検が未実施の流域を対象としてレベル 3 飛行および無人地帯での補助者あり目視外飛行（以下、「レベル2 飛行」という。）による砂防施設点検の実証を行い、その有用性を確認した。

2. 基本方針

2.1 広域把握調査

(1) 定点撮影点検（施設の部位変状の確認）

施設の部位変状の確認を目的とした点検である（図-1 左）。なお、広域把握調査における部位変状の確認は、施設の大規模な損傷（R6 施設点検調査時から明確に確認できる変化）の有無について行った。

(2) 全体把握点検（動画撮影）

1 回のフライトで砂防施設周辺の状況や堆砂地を含めた広範囲の状況把握を行った。なお、動画撮影は往路、復路でカメラアングルを変更して撮影を行った（図-1 右）。



図-1 定点撮影概念図（左）と動画撮影概念図（右）

2.2 詳細把握点検

(1) 堆砂状況の詳細把握（オルソ画像、LP 計測）

砂防施設の除石管理のための堆砂状況及び堆砂地全体の定量的な把握を目的として行った。堆砂地周辺に植生が少ない場合はオルソ画像による差分解析、堆砂地周辺に植生が多い場合は LP 計測による差分解析を行った。

(2) 施設変状の詳細把握（ズーム撮影）

砂防施設の施設変状の詳細把握を目的としてズーム撮影を行い、定点撮影で確認が難しい変状の点検を行った。

2.3 使用機体

本検討で使用する機体は、カメラや LP 機器を搭載できる防災点検が可能な機体であり、停止・ホバリングや回避が可能で汎用性が高い「MATRICE 300 RTK」を選定した。

2.4 対象流域

レベル3 飛行による UAV 調査が可能な箇所として「住吉川」「宇治川」「一～三の谷川」の 3 流域、レベル2 飛行による UAV 調査が可能な箇所として「塚川」「妙法寺川」の 2 流域の計 5 流域を選定した。

3. 事前調査の実施

事前調査では、離着陸場所の選定、準備飛行を含む飛行計画の安全性・確実性等の確認と飛行ルート、ウェイポイント、カメラ角度等の調整を行った。また、取得データは、実証試験飛行前の初期データとしての利用可否（各種変状の把握（解像度））を確認した。

4. 実証試験飛行の実施結果

(1) 広域把握点検

事前調査及び実証試験飛行で実施した定点撮影点検と全体把握点検（動画撮影）の比較検証を行った。レベル3 飛行及びレベル 2 飛行に共通して、砂防施設周辺の上空が開けている場合は、UAV による定点撮影や動画撮影によって堆砂状況や施設全体の把握が可能であった（図-2）。

一方、砂防施設周辺に植生が繁茂しており、砂防施設周辺の上空が樹木に覆われている場合には、堆砂及び砂防施設変状等の状況把握が困難であった。

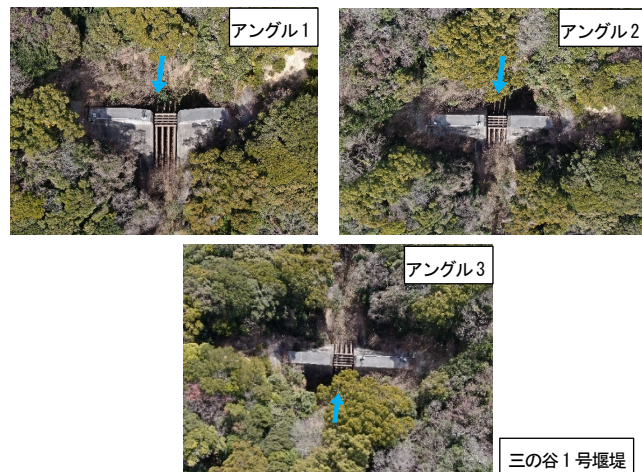


図-2 定点撮影点検結果の事例（一～三の谷川）

※1 現所属：国土交通省 近畿地方整備局 兵庫国道事務所

(2) 詳細把握点検

① 堆砂状況の詳細把握 (オルソ画像、LP 計測)

事前調査及び実証試験飛行で実施したオルソ撮影と LP 計測結果の比較検証を行った。

レベル 3 飛行及びレベル 2 飛行に共通してオルソ画像では、撮影の時間帯が重要であり、撮影画像が明るいところと陰になりづらく、堆砂状況の確認が可能であった (図-3)。また、LP 計測では、事前調査では植生により点群が溪床まで届いていない部分があったが、実証試験飛行では、落葉の影響により溪床付近の点群を取得でき、堆砂状況の把握が可能となる砂防施設があった (図-4)。

② 施設変状の詳細把握 (ズーム撮影)

レベル 3 飛行及びレベル 2 飛行に共通して、機体と点検対象物との間に十分な離隔を保ったまま詳細な画像を取得することができた (表-1)。

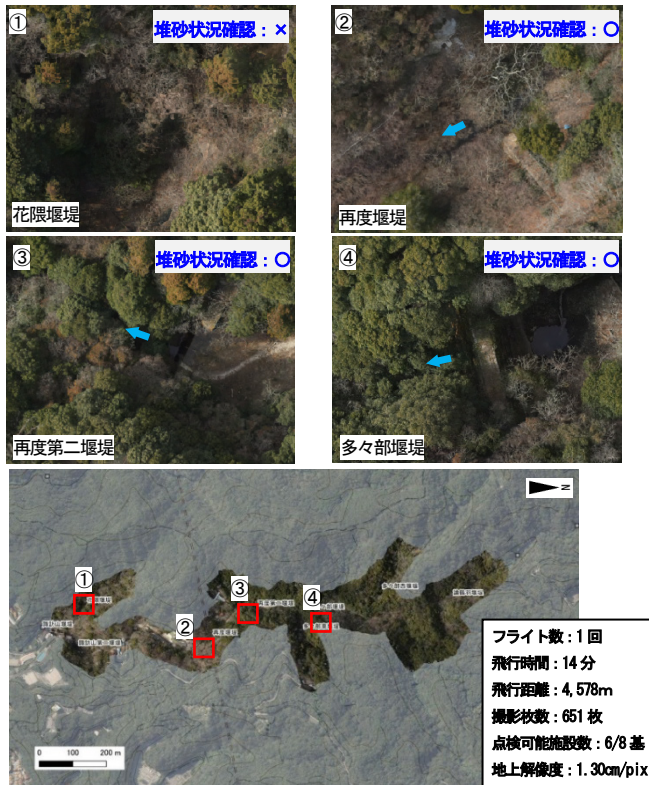


図-3 オルソ撮影画像の事例 (宇治川)

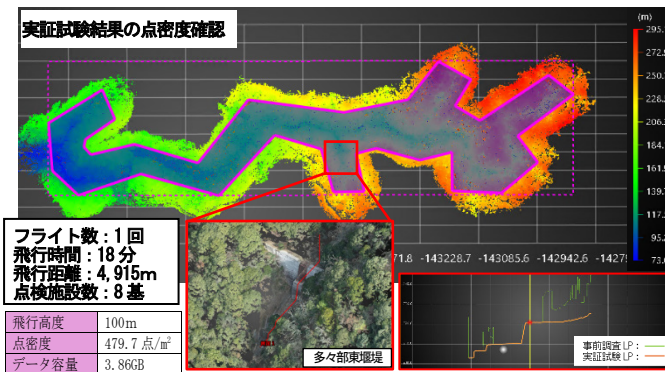


図-4 LP 計測結果の事例 (宇治川)

表-1 ズーム撮影結果の事例 (宇治川 諏訪山第二堰堤)

諏訪山第二堰堤 (斜め撮影) - 鋼材の撮影	通常撮影 (等倍)	ズーム撮影 (20倍)
【飛行諸元】 対地高度: 40m 対象との距離: 50m 使用機器: Zennuse H20T		
	分解能: 27.94mm	分解能: 1.40mm
確認結果	鋼材の大きな破損等は確認可能	鋼材の詳細な状況が確認可能

5. 有用性の確認

(1) 1施設当たりの点検時間の短縮

1施設当たりの点検時間がレベル 3 飛行で最大約 3.3 分、レベル 2 飛行で最大約 1.8 分であり、UAV を使用することで効率的な点検が可能となることが示された。

(2) 点検の安全性向上

既往業務で実施された UAV 点検では、砂防施設の天端から離着陸を実施しており、高低差のある場所での作業は作業員の安全性確保の観点から課題であった。本検討において安全な離着陸地点の検討を行い、その離着陸地点から UAV 点検を行うことで作業員の安全性が向上した。

(3) UAV 点検可能施設数の増加

既往業務で実施されている目視内飛行による UAV 点検 (レベル 1 飛行) では、砂防施設天端上空は樹木等に覆われていることから GNSS の受信状況が悪く離着陸場所や UAV 点検可能な施設に制約があった。

レベル 3 飛行及びレベル 2 飛行では、離着陸場所から離れた場所から対象施設の点検が可能となるため、UAV 点検可能な施設数が増加すると考えられる。

6. おわりに

六甲山系におけるレベル 3 飛行およびレベル 2 飛行による砂防施設等の調査・点検箇所数の増加を図るために、UAV 自律飛行による点検が未実施の 5 流域において実証試験飛行による検証を行った。その結果、広域把握点検、詳細把握点検による UAV 点検を行うことで、点検時間の短縮、作業員の安全性の確保が可能となった。

なお、六甲砂防事務所管内には UAV 自律飛行による点検が未実施の流域があるため、今後も実証を行うことで、六甲山系における砂防施設等の調査・点検の効率化に寄与することが求められる。また、UAV の開発は日進月歩で進んでいることから、最新情報を収集し、砂防施設等の点検の高度化を図っていくことが望ましい。

参考文献 1) 徳山ら (2024): 六甲山系におけるレベル 3 飛行による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, p. 471-472, 2) 砂防関係施設点検要領 (案) 国土交通省砂防部保全課 R7. 4