

都市近郊における UAV を用いた砂防設備点検方法の検討

国土交通省 中国地方整備局 広島西部山系砂防事務所 國時正博^{※1}、熊本勝史、塩谷篤史^{※2}、大西隆生
中電技術コンサルタント(株) ○大盛 泰我、河井恵美、徳山まどか、久家政治

1. はじめに

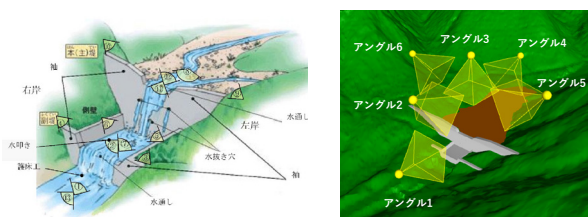
広島西部山系の事業管内では、山裾に人家が密集し、溪流が連坦しており、出水期後の点検時には同時に多くの施設の点検が必要となる。特に、同一溪流内に複数基の堰堤が設置された砂防設備や施設規模の大きな砂防設備を地上調査により点検する際は、点検作業量はもちろん、移動に掛かる労力も大きく、効率的な点検が望まれる。そのため施設変状の経年変化の把握を目的とする繰り返しの点検において点検作業の効率化・迅速化が課題である。また、施設点検では、高低差のある場所や急峻な斜面等での危険性を伴う作業であることも課題である。

さらには、点検対象となる砂防設備は、広島市を中心とした都市近郊に位置し、人家や電線等の支障物が近接する箇所での点検となるため、UAV を活用するにあたっては現地状況を確認した上で飛行計画を立案する必要がある。

本稿では、上記課題を踏まえた砂防設備の点検における自律飛行を基本とした UAV による砂防設備点検方法を検討し、実施検証を行い、その結果を反映させた、砂防設備点検における UAV 活用する方法についてとりまとめを行った成果について報告する。

2. UAV を用いた砂防設備点検

砂防設備点検における UAV 活用の基本方針は、定点撮影点検と詳細確認点検の二つに分けて策定した。定点撮影点検は、砂防関係施設点検要領(案)²⁾で示される砂防堰堤の写真撮影位置および撮影にあたっての留意点(例)を参考に、従来地上で13枚の撮影を行っていたものを、UAV の特性を活かし複数カットを統合したアングルを設定することにより施設変状の把握を目的とした静止画撮影を行う。撮影は下記の6箇所での撮影を基本とし、堰堤規模や周辺の飛行支障物(人家、植生等)により撮影が難しい場合は、撮影高度やカメラアングルを調整し、必要な定点撮影箇所を網羅するよう撮影を行う計画とした。



地上点検：13 アングル

UAV 点検：6 アングル

図-1 定点撮影アングル

また、定点撮影アングルの設定方法は現地で手動飛行により撮影画角を確認しながら飛行ルートを作成する機能を活用して行う方法と、既往の地形図や図面等を基にあらかじめ机上で飛行ルートを作成する方法の2つが考えられる。本検証では複数施設の点検を想定し、机上でアングル設定可能となるよう、試験飛行において確認した撮影位置及び高度を図-2の概念図のように整理し、離着陸場所の標高と点検対象物の基準となる高度(砂防堰堤の水通し標高等)から撮影位置を机上で計画する方法を立案した。

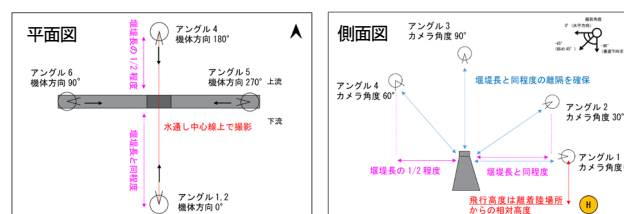


図-2 飛行計画概念図

詳細確認点検では堆砂量の詳細把握や施設変状の詳細確認を目的として、新技術(ズームカメラ、高精度のオルソ撮影、LP計測機器、CIMモデル、Visual SLAM搭載機体等)を活用した点検を行う。

3. 実施検証結果

UAV を用いた砂防設備点検の実施検証は、施設健全度や堰堤規模、周辺支障物の状況等を踏まえて10施設を選定し、着目点や評価項目を設定した上で実施検証を行った。

(1) 定点撮影点検

定点撮影点検では、自律飛行で静止画撮影により施設健全度を確認する飛行を行い、施設の特徴に応じた点検方法及び使用機体について検討した。使用する機体は、機体の性能、品質、汎用性を考慮して、調達が容易で汎用性の高いホビー機と飛行時間が長く視認性に優れた産業機の2機体を選定した。

実施検証の結果、机上で設定した自律飛行計画による静止画撮影を行い、撮影画像から施設の著しい変状(部位変状レベルb以上)の有無を確認することができた。また、定点撮影アングルの統合、自律飛行により、調査時間の短縮(実施検証結果：平均約54分短縮、最大2時間短縮)が可能であった。さらに、地上調査で必要な堰堤天端や左右岸への移動等が不要となることから、調査時の安全性が向上も期待できる。

※1 現所属：国土交通省 不動産・経済局 建設業課、※2 現所属：国土交通省 中国地方整備局 日野川河川事務所

(2) 詳細確認点検

詳細確認点検は、施設変状の詳細把握と堰堤堆砂量の詳細把握を目的として行う。また、施設健全度や施設の堆砂状況等を踏まえ、実施検証で行う点検項目（簡易 LP 計測、ズーム・近接撮影等）を選択し、施設変状や土砂堆積量等を確認した。緊急詳細点検に使用する機体は、飛行時間が長く、様々な計測機器を搭載可能な産業機と Visual SLAM 機能搭載で近接撮影が可能な産業機の 2 機体を選定した。

実施検証の結果、ズーム撮影・近接撮影により通常の静止画撮影では樹木の影響や対象物との離隔の関係から把握が難しかった施設変状について確認することができた。また、レーザ計測結果と既往の地形データの差分解析により、出水後の土砂堆砂量及び除石工事後の除石量の把握が可能であった。



図-3 施設変状の詳細把握（ズーム撮影・近接撮影）

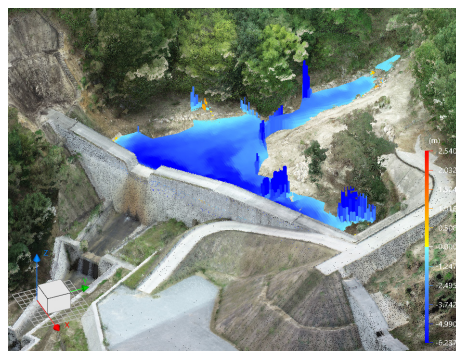


図-4 堆砂状況の詳細把握（レーザ計測）

(3) 実施検証結果のとりまとめ

実施検証結果を踏まえ、UAV を活用し、点検作業の効率化・迅速化、点検調査員の安全性向上、UAV の高度利活用を目的として「UAV を用いた施設点検要領（案）」を作成した。点検要領（案）では、安全管理、撮影画角の設定、UAV の関連法令等について記載し、実施検証により得られた課題や改善点について整理した。また、実施検証で確認した自律飛行計画は、使用する機体や自律飛行ソフトが異なる場合であっても飛行計画を活用できるように、離着陸地点の位置座標、撮影位置の座標、カメラ角度・向き等の情報をまとめた飛行計画書を作成した。

4. 3次元モデルを活用した堆砂状況把握

既往 LP データを基に作成した地形モデルと、既往設計図面から作成した堆砂地モデルを活用し、堆砂高と堆砂量の関係を H-V 式に整理した。H-V 式を活用し、UAV 斜め写真から堰堤上流側の堆砂計測板から未満砂高を読み取り、未満砂高と堆砂率等の関係から概略的に堆砂量を把握する方法とレーザ計測等により地形データを取得し、詳細に堆砂量を把握する方法の 2 つについて検討を行った。これにより、利用目的に対して適切な方法（精度、迅速性、経済性）で UAV 調査を行うことが可能であり、災害時・常時の堆積土砂管理に活用できる。

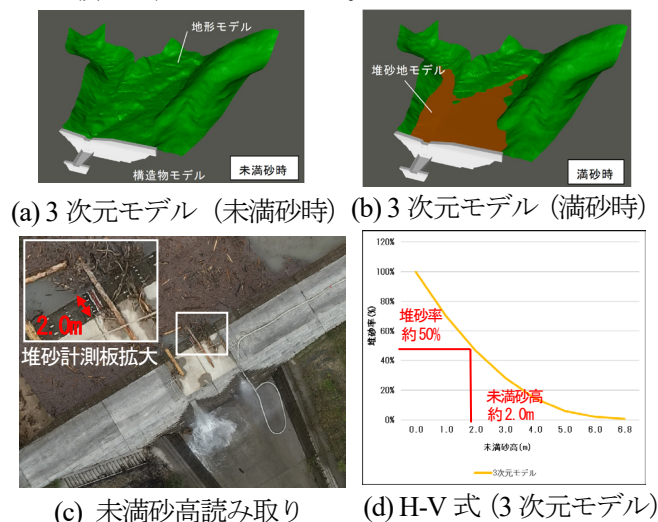


図-5 3次元モデルを活用した堆砂状況の把握

5. おわりに

UAV 点検では変状の大きさ（ひび割れ幅や摩耗の深さ等）を把握することは困難であるが施設の著しい変状（部位変状レベル b 以上）の有無を確認することは可能である。特に、広島西部山系における直轄砂防施設は、既往点検結果によると健全度 A の施設が大半を占めており、健全度 B の施設はわずかである。そのため、今後 UAV 点検を推進し点検結果を継続的に蓄積・活用することで、従来の年 1 回の地上での定期点検の頻度を見直すことにより施設点検の省力化が期待される。

また、実施検証結果や周辺状況を踏まえ、UAV の自律飛行による点検が可能な施設は全施設数に対して約 60%程度であった。今後の施設点検方針については施設劣化状況や植生等の周辺状況の変化に応じて見直す必要がある。

今後も UAV の技術は日進月歩であり、最新技術の動向を注視しつつ、既存の点検方法との組合せや手動飛行との併用などにより、砂防設備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) 広島西部山系溪流巡視点検実施要領（案）R4. 3
2) 砂防関係施設点検要領（案）国土交通省砂防部保全課 R4. 3