

都市近郊における UAV を用いた溪流点検方法の検討

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) ○河井恵美，大盛 泰我，徳山まどか，久家政治

1. はじめに

広島西部山系では、住宅地奥の急峻な山裾に溪流が連担して存在しており、地震時や一定規模の降雨後に、土砂流出の有無等を迅速に把握するための緊急概略点検を行い、さらに、土砂流出を確認した場合には、崩壊状況、溪流内の土砂堆積状況を把握するために緊急詳細点検を実施することとしている¹⁾。広島西部山系では、これまでに UAV を用いた目視内で実施する手動飛行を基本とした緊急概略点検や緊急詳細点検の活用方針や活用方法が検討している。

土砂流出を把握した溪流に対して、UAV を用いた手動飛行による調査を行う場合は、調査範囲が目視内に限定されるため、溪流長の長い溪流では崩壊状況や溪流内の土砂堆積状況の把握が課題である。また、溪流内の状況変化を調査する場合では、撮影データを目視で変状検知することは可能であるが、変化量として把握することが課題である。

本稿では、上記課題を踏まえた目視外補助者無し(レベル3飛行)の自律飛行を基本とした UAV による溪流点検方法(緊急詳細点検)を検討し、実施検証を行い、その結果を踏まえ、緊急詳細点検における UAV 活用の方法についてとりまとめた成果について報告する。

2. UAV を用いた溪流点検方法(緊急詳細点検)

緊急詳細点検における UAV 活用の基本方針は、点検内容・目的に応じて、フェーズ1(遠望監視フライト)、フェーズ2(近傍詳細監視フライト)に分けて策定した。フェーズ1(遠望監視フライト)は、崩壊地・溪流内の土砂流出状況、周辺の状況を確認することを目的として動画撮影を行う計画とした(図-1)。フェーズ2(近傍詳細監視フライト)は、崩壊地からの新たな流出、崩壊地の拡大、崩壊地からの湧水、砂防設備の変状、砂防施設上下流の土砂堆積状況の計測等を目的としてオルソ用静止画撮影やLP計測等を行う計画とした(図-2)。

飛行方法は、溪流内に立入ることなく調査が可能となる目視外補助者無し飛行(航空法改正前のレベル3飛行)とし、調査の迅速性から、1回のフライトで点検する方法を検討した。

また、離発着地点等に支障物がある溪流においては、LPデータと2次元図面から、地形モデルと構造物モデルによるCIM統合モデルを作成した。統合モデルを用いて、3次的に支障物と機体の位置関係を確認することで、自律飛行の飛行ルート安全性を確認した(図-3)。

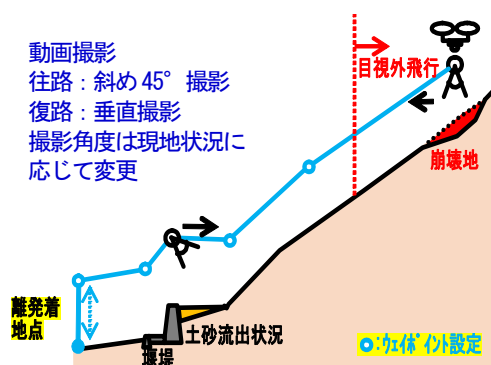


図-1 フェーズ1の飛行概念図

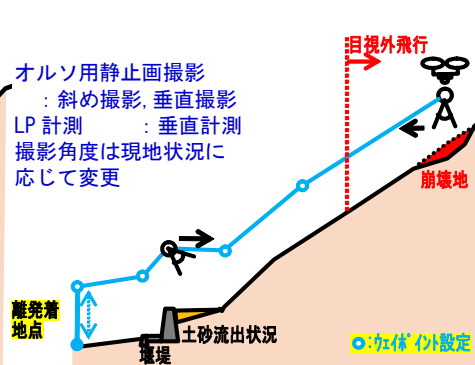


図-2 フェーズ2の飛行概念図

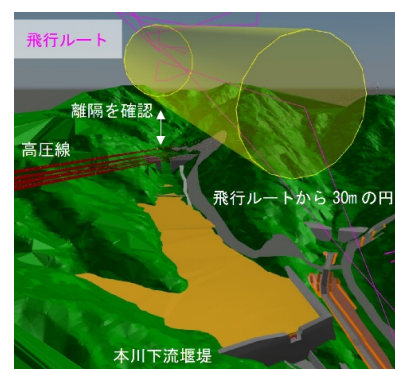


図-3 CIMモデルを活用した支障物の確認

3. 実施検証結果

UAV を用いた緊急詳細点検の実施検証は、検証地区の選定、シナリオの策定、着目点や評価項目を設定した上で実施した。実施検証対象地区は、近年災害が発生した溪流の中から、手動飛行では土砂流出状況の把握が困難であると想定される溪流長が長い溪流と調査の効率性の観点から、溪流長が1km以上ある馬木地区と複数溪流が連担している緑井・八木地区を選定した。なお、実施検証は、事前調査と本調査を行い、本調査は航空局へ「目視外補助者無し飛行(レベル3飛行)」の許可・承認申請を行い、承認を得た上で実施検証を行った。

※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

(1) フェーズ1（遠望監視フライト）

遠望監視フライトでは、自律飛行による動画撮影により土砂流出状況を確認する点検方法について検討した。使用する機体は、目視外補助者無し飛行（レベル3飛行）実績のある機体で飛行時間の長い機体を選定した。

緑井・八木地区の実施検証の結果、溪流に立入ることなく安全な場所から1フライト（約21分）で12溪流の土砂流出状況を確認することができた。目視を基本とする手動飛行では、1フライトの調査箇所は6溪流²⁾とあり、本実証により2倍の溪流可数が調査可能となったことから、目視外飛行の有用性が確認できた（図-4）。

(2) フェーズ2（近傍詳細確認フライト）

近傍詳細確認フライトでは、崩壊地からの新たな流出や拡大、砂防設備の変状、土砂堆積状況の把握方法について検討した。使用する機体は、目視外補助者無し飛行（レベル3飛行）実績のある機体で飛行時間の長い機体、レーザ機器、カメラの付替え等を考慮して機体を選定した。

馬木地区の実施検証の結果、1回のフライトで、流域最遠点にある崩壊地を含む本川、支川の溪流沿いの範囲でオルソ用静止画撮影、LP計測を実施し、崩壊地及び溪流内の状況を確認することができた（図-5）。オルソ用静止画撮影時間は約16分であり、解析時間は90時間であった。LP計測の計測時間は、約18分であり、解析時間は20分であった。また、事前調査・本調査で計測したオルソ画像から作成した3次元点群データ、LP計測の結果（図-6）から、溪流内の地形変化を検知することができた（図-7、図-8）。

(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た「UAVの自律飛行による溪流調査に関する手引き(案)」を作成した。

5. おわりに

本稿では、目視外補助者無し飛行（レベル3飛行）を行うことにより、安全な場所から迅速で効率的に調査できる自律飛行による溪流調査方法を立案、実施検証することで、その有用性を確認することができた。オルソ用静止画撮影により作成した3次元点群データとLP計測により得られたデータでは、調査範囲内の植生繁茂状況が3次元点群データの精度に影響を与えてしまうことが課題となるため、フェーズ1の調査を行い、植生繁茂状況を把握した上で、フェーズ2の調査方法を選定する等の工夫が必要である。また、3次元点群データ作成までの解析時間にも異なることから、土砂移動状況の把握結果報告の優先度も踏まえて、計測手法を選定している必要がある。

参考文献 1) 広島西部山系砂防事務所：広島西部山系溪流巡視点検実施要領（案）R4.3 2) 大盛ら（2022）：都市近郊におけるUAVを用いた溪流点検方法の検討，令和4年度砂防学会研究発表会概要集，p. 369-370

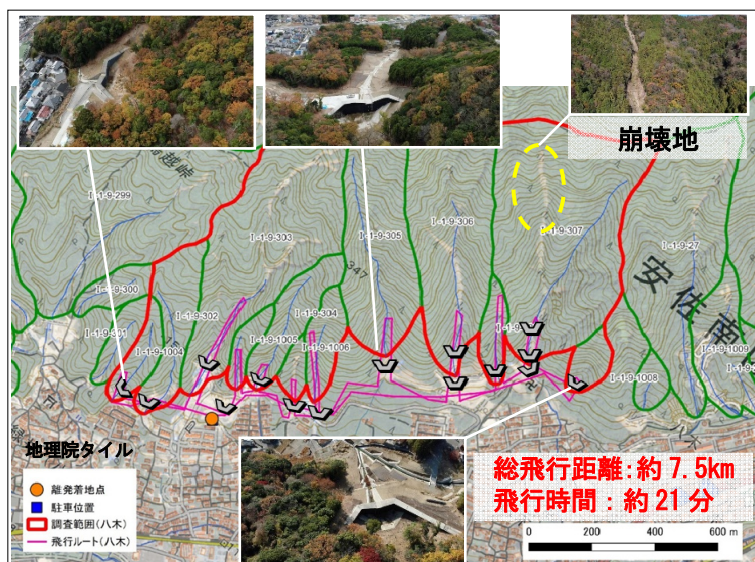


図-4 フェーズ1の実施検証結果（緑井・八木地区）



図-5 フェーズ2の実施検証結果（馬木地区）

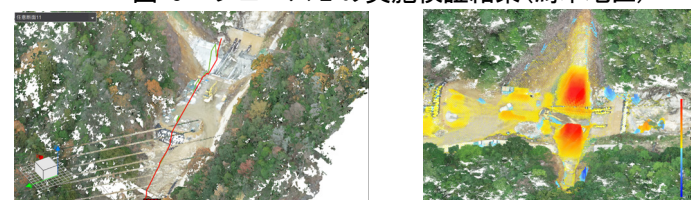


図-6 3次元点群モデル（LP計測）

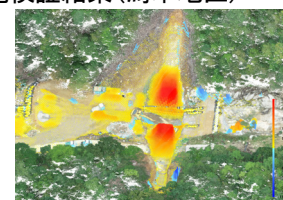


図-7 差分解析図（LP計測）

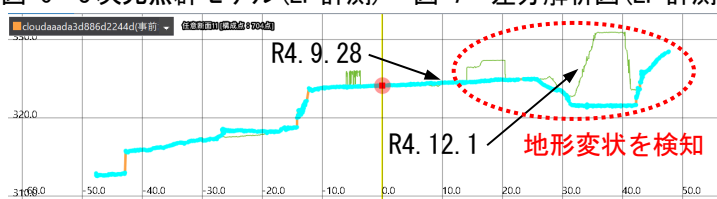


図-8 3次元点群モデルから作成した縦断面図の比較（LP計測）