

UAV 点検の改善手法について

国土交通省東北地方整備局新庄河川事務所 土門弘和（現 北陸地方整備局 能登復興事務所）
株式会社建設技術研究所 ○伊藤巧、片嶋啓介、清野真義、有吉桜

1. はじめに

砂防施設は狭隘な山間部や急峻な溪流に点在し、その立地状況やアクセスの困難から点検作業に危険を伴うとともに施設間の移動に時間を要する箇所が多い。出水時や地震発生時には施設及び周辺状況の迅速な把握、平時においても施設の経年劣化に対する機能保全の面から、点検による的確な変状把握が重要である。

このため、新庄河川事務所管内では昨年度から UAV(ドローン)等の新技術の活用を検討し、デジタルトランスフォーメーション(DX)による砂防施設点検の安全性、効率性、精度の向上を図るための検討が行われている。¹⁾

本研究では、先行研究に引き続き、「施設点検の効率化・高度化」を図っていくため山間部における UAV 点検手法の検討を行った。

この機体は上下6つのナビゲーションカメラによって常時機体の360°周囲を確認し、障害物を自動で回避する自律飛行が可能である。この機体によって、支障木を回避しつつ施設に近接した空撮が可能となり高精細な写真を得た。また、取得した写真から SfM 解析を実施し、データ処理による植生除去を行って、植生下の施設状況を把握した(表-2 参照)。3D モデルを構築することで数 cm の誤差があるものの定量的な計測が可能となる。



図-2 使用機体について

項目	仕様
機材名称	skydio2/2+
寸法	229 × 274 × 126 mm
重量	800 g
最大飛行時間	27分

2. UAV 点検の課題と改善方針

新庄河川事務所管内における先行研究の課題は表-1 に示すとおりであった。本研究ではこれらの課題を解決するための手法を検討して実施した。

表-1 課題改善方針

課題	課題の内容	改善方針
植生被覆による施設視認阻害	植生被覆により上空から視認できず UAV 点検が困難	支障木の伐採や障害物の回避、障害物に依らない計測
臨時点検等での長距離飛行の実施	UAV の操縦電波が届かないため、安全な運行が困難	長距離飛行が可能、または飛行距離を確保できる UAV の利用
定期点検レベルの変状把握	定期点検で把握している変状を UAV で把握できるか評価されていない	定期点検結果との比較による変状把握割合で評価

表-2 Visual SLAM 機による 3D モデル

項目	課題の内容
データ処理による植生除去後の 3D モデル	
3D モデルの定量的な計測例 鋼管径 0.6m モデル 0.54m	

3. 植生被覆による施設視認阻害の改善手法

砂防施設周辺の植生繁茂で、図-1 に示すとおり UAV によって上空から撮影した際に袖部等の変状を把握することが困難である。



図-1 植生被覆による視認が困難な施設

このような施設に対して支障木の伐採も考えられるが、渓床までのアクセスが困難な場合の道路整備や支障木の搬出費用等に多大な費用がかかることもある。そこで、支障木を避けつつ機動性の高い技術を要した図-2 に示す Visual SLAM を搭載した機体を活用した実証試験を行った。

4. 長距離飛行で点検範囲を拡大する改善手法

臨時点検では、出水直後の河川敷に近づく可能性があることや砂防施設間の距離が離れており、移動時間を要することがある。これらを改善することは安全性の向上や迅速な災害対応の実施に寄与することから長距離飛行をするための改善手法として、中継機を用いた実証試験を行った。

先行研究では、立谷沢川流域に位置する本沢第1砂防堰堤を対象に携帯電波不感地帯からの映像伝送試験を実施した。この結果から、発災時に事務所から要望があった箇所を撮影し、リアルタイムに円滑な画像情報の共有が可能で、砂防施設の状況を迅速に把握できたことを確認している。しかし、この試験では河川敷を UAV 離発着点としたこと、飛行距離を有視界としたことから、緊急時に堰堤近傍までアクセスできず施設の状況が把握できない懸念がある。

そこで、本研究では山間部の携帯電波不感地帯において1溪流に複数ある砂防施設を対象とし、アクセスも良好で安全な箇所から1フライトで数km先にある施設状況を把握する実証試験を行うものとした。

実証試験箇所は、図-3 に示す通り溪流の屈曲部を含む区間で、直接通信(2.4GHz)では見通しがとれず通信が途絶される。このため、通信電波を中継させることで飛行距離を確保する必要があった。飛行経路の途中、河床からの高度約120mの地点に、中継用 UAV をホバリングさせ、これによる通信中継で、地上局から点検用 UAV への制御信号送信と、その逆方向の位置情報受信の双方向通信を維持した。²⁾図-4 に本実証試験で使用した中継制御通信技術の概要を示した。

この技術を活用して UAV の離発着点から約 3.5km 地点の砂防堰堤までコントロールできる状態を保ったまま 10 分程度の時間で到達できた。また、図-5 のような写真(本沢第 1 砂防堰堤)を撮影することが、飛行ルート下の全堰堤で実施できた。取得写真から、本沢第 1 砂防堰堤(玉石コンクリート造)の石材の大きさまで確認することができた。ここから、出水による大きな変状(土石流による堰体欠損)が発生した場合は、変状の把握が可能なことや、河床状況も UAV で連続的に概況が把握できることを確認した。

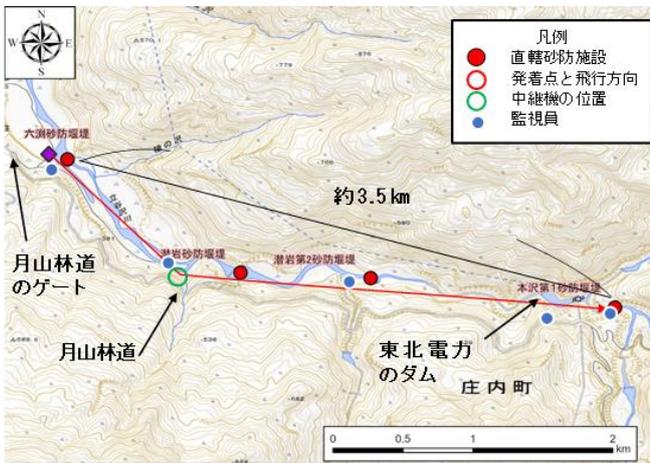


図-3 中継機実証試験箇所



出典) NICT プレスリリース資料

図-4 中継制御通信技術(コマンドホッパー)の構成



図-5 実証試験により UAV が撮影した映像の例

5. UAV による点検精度把握の改善手法

点検精度の評価として、従来の定期点検で把握された変状を UAV 点検で把握することがどの程度可能か評価した。使用した UAV は主要メーカーである DJI 社製の Matrice300 を用いた。管内 11 基の砂防施設を対象に既往の定期点検で把握された変状との比較を行った。なお、比較は変状の種別で行うものとし、変状の種別は「砂防関係施設点検要領(案)」(令和 4 年 3 月)等を参考に整理した。

表-3 に比較結果を示す。従来の点検で把握された変状のうち 7 割以上の変状を UAV 点検にて把握できる評価結果となった。一方で、植生繁茂や流水下にある変状については把握できない例が多かった。例えば、積石欠損については堰体下部の堰体表面の埋石が、樹木や草本により視認が阻害された。また、洗堀や水抜き孔の閉塞が流水下で生じており把握することが困難であった。

表-3 UAV 点検により把握可能な変状の割合

項目	対象箇所数	UAV判別可	UAV判別不可	判別可/対象箇所数
コンクリート	摩耗	9	0	100%
	欠損	99	87	88%
	ひび割れ	31	23	74%
	洗堀	17	3	18%
	漏水	58	41	71%
石積	天端欠損	17	17	100%
	積石欠損	5	2	40%
河道・斜面	土砂堆積	8	7	88%
	斜面崩壊	10	7	70%
その他	遊離石灰	57	41	72%
	流木堆積	15	15	100%
	落石	3	3	100%
	湧水	13	1	8%
	錆汁	7	6	86%
	水抜き閉塞	9	2	22%
	目地材剥離	2	2	100%
	はらみだし	2	0	0%
	溪岸洗堀	1	1	100%
	ネット破損	1	0	0%
	看板等	2	2	100%
	計	366	269	97

6. まとめと今後の展望

本研究では UAV 点検の改善手法を検討することで施設点検の効率化・高度化を図ることができた。植生被覆による視認が阻害される施設では Visual SLAM 技術の活用を行い、携帯電波不感地帯においては飛行距離確保のため中継制御通信技術の活用、また UAV 施設点検の精度を評価することで UAV では把握することが困難な変状を整理した。

今後の展望としては、UAV を取り巻く技術や制度は日進月歩であるので最新の動向を取り入れながら、DX により効率的で安全性を確保できる砂防施設点検計画の策定を進めていきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)に中継用 UAV を経由した通信制御技術に関して、ご協力頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 伊藤ら(2023) 砂防学会研究発表概要集, 2023, R10-1
- 2) NICT(2024年1月25日): プレスリリース資料