

UAV を活用した砂防施設点検手法の工夫

国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所 山崎 憲人, 浅野 広樹, 金子 雄司
株式会社パスコ 板野 友和, 川上 誠博, 鈴木 崇, 美土路 哲也, 笹栗 裕己

1. はじめに

近年, UAV の性能が飛躍的に進歩し, 様々な分野での活用が期待されている. 北陸地方整備局では, 「UAV による砂防関係施設点検要領 (案) 令和2年3月」 (以下, UAV 点検要領という) を整備し, UAV を活用して砂防施設の点検調査を実施する基本的な考え方を整理している.

本発表は, 阿賀野川河川事務所管内の砂防施設 (図-1 参照) を対象に, UAV 点検要領を適用し, 人の踏査と目視を基本とした従来の点検手法 (以下, 人力調査という) の効率化を図り, 地震, 大雨等の災害時においても, 被災状況調査等を安全かつ迅速に実施可能な点検計画を立案した. また, SfM (Structure From Motion) 技術の導入等による調査の高度化について検討したので報告する.

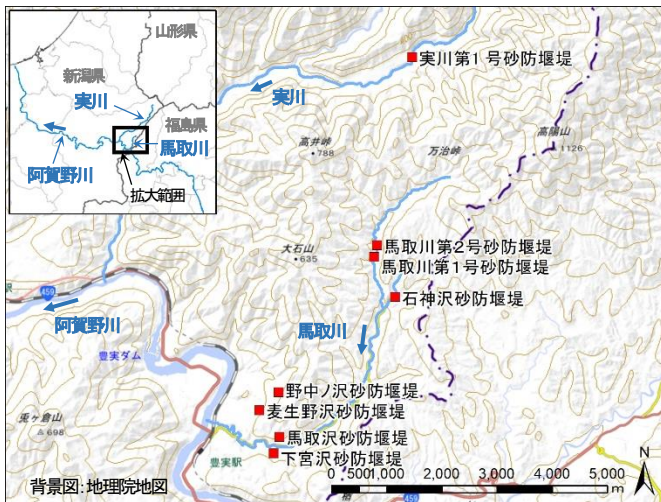


図-1 対象施設位置図

2. 調査方法

実川流域, 馬取川流域の砂防施設 8 施設を対象に, 以下に示す手順で UAV による施設点検を実施した.

使用する UAV 機体は, 現地への可搬性 (大きさ, 重量), カメラ性能, GNSS による自己位置計測精度等を考慮し, DJI 社の Phantom4Pro, および Phantom4RTK を使用した.

【事前調査】

UAV 調査実施に先立ち, 施設状況, 周辺の地形・植生等の状況, 撮影対象と道路・人家との位置関係, 操縦地点の適地選定, 環境面への配慮, GNSS の受信状況など, UAV 飛行計画検討に必要な条件を確認した.

【UAV による点検調査 (Phantom4 Pro を使用)】

- ・手動操縦撮影: UAV 点検要領に準じて, 施設の各部位の UAV 撮影を行った. 撮影は, 機体操縦を手動で行い, 各部位の写りを調整しながら撮影した.

- ・自律飛行撮影: 離発着位置と各部位の撮影位置を安全に飛行可能な順・ルートを確認し, 自動航行アプリケーションに座標入力することにより, 手動撮影した全ての撮影のプログラム撮影を実施した.

- ・施設変状確認: 撮影した画像を持ち帰り, PC 画面で確認することにより変状等を把握した.

【SfMによる三次元モデル作成 (Phantom4 RTK を使用)】

- ・砂防施設および施設周辺を対象に, SfM 処理用の UAV 写真撮影を行った. 撮影は専用アプリケーションを用いて, サイド・オーバーラップ 80%以上の撮影を基本とし, 地上画素寸法 2cm 以下となる高度を設定した.
- ・Pix4D 社の SfM ソフト「Pix4Dmapper」を用いて施設および周辺の 3D モデルを作成した.

3. 調査結果

3.1. 撮影範囲・部位の確認

UAV 調査では人力調査と概ね同等の範囲・部位を点検することが確認できた. 両手法の主な差異を以下に示す.

- ・上空からの撮影は遮蔽物が少なく広範囲を撮影できるため, 少ない撮影枚数で点検が可能.
- ・堰堤天端の撮影など, 人力では高所作業に該当する点検を, 安全に実施することが可能.
- ・植生の多い溪流保全工は構造物表面を植生が鬱閉するため, 一部撮影が困難な部位がある.
- ・実川第1号砂防堰堤では, 地形的制約により人力調査が困難な範囲・部位があるが, UAV 調査では全ての範囲・部位を撮影することが可能 (図-2 参照).

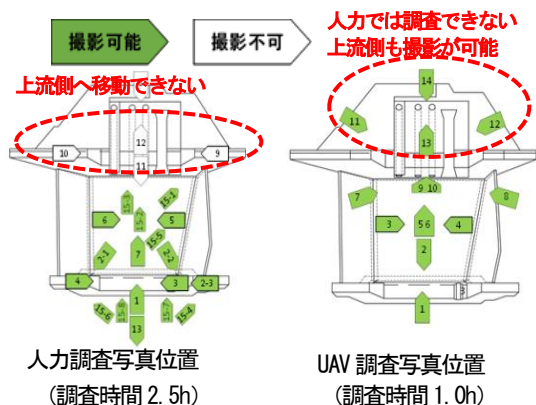


図-2 UAV と人力による点検調査箇所比較

- ・UAV は直下撮影など撮影対象と正対した写真撮影が可能のため, 透過部の鋼製部材やブロック積堰堤の歪みなど, 形状の変形を把握しやすい.

- UAV 調査は、調査員の現場での移動を削減できるため、現地での調査時間を大幅に短縮（8 施設平均約 6 割軽減）できるメリットがある。

3.2. 変状の把握精度の確認

既往調査(人力)の変状レベルb以上の変状については、UAV 調査においてもすべて把握できることを確認した。その他人力調査との差異を以下に整理する。

- UAV 撮影では、スケールを入れた撮影ができないため、既往調査や施設の寸法を基準に変状の規模を推定することが基本となる。
- 本堰堤の明瞭なひび割れについては、人力調査と同等の精度での把握が可能（図-3 写真1, 2 比較）。
- UAV は斜め上からの撮影が基本となる。そのため、水通しの摩耗、護床工の沈下等の垂直方向の変状については、程度を把握しにくい傾向がある（図-3 写真3, 4 比較）。
- 小規模な変状（変状レベルa）や植生が繁茂する場所は、確認が困難な場合もあり、丁寧な確認が必要となる（図-3 写真5, 6 比較）。



図-3 人と UAV との変状撮影写真の比較例

3.3. SfM 技術の活用方法の確認

SfM 技術により 3D モデル、およびオルソフォトを作成し、施設の維持・管理への活用について検討した。主な確認事項を以下に示す。

- 3D モデルは施設の歪み等の変状を把握しやすい。施設諸元だけでなく、流木・礫等の計測も可能（図-4）。
- 三次元点群から地表モデルを作成することで、堆砂域の地形や他のデータとの差分解析も可能（図-5）。

- 高詳細なオルソフォトを安価に作成できるため、施設や堆砂域のモニタリングなどの活用が可能（図-5）。

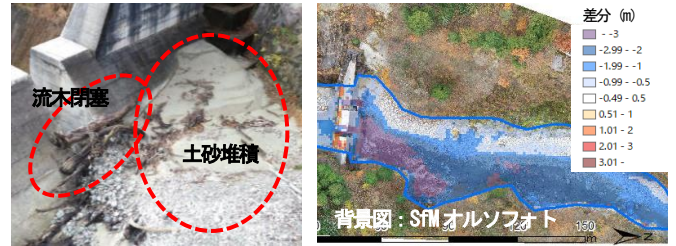


図-4 SfMによる3Dモデル例 図-5 SfMによる差分解析例

3.3. 点検計画の作成

今後の点検を効率的に実施するため、施設毎の点検計画を作成した。計画には、対象区域・施設、点検方法、実施体制、実施時期、飛行計画を整理した。UAV 調査では同アングル撮影による変状モニタリングが有効であるため、飛行計画には、撮影位置・高度、自律飛行を行うための撮影順と撮影位置座標を整理した（図-6 参照）。



図-6 飛行計画作成例（実川第1号砂防堰堤）

4. 考察及びまとめ

本検討より、明瞭な変状は UAV 調査で確認可能であることを確認した。軽微な変状は、写真の角度・被写体との距離、写り具合により確認が困難なケースがある。踏査ではアクセスできない場所や、未満砂堰堤天端などの高所作業が必要な部位に対しても安全に調査が可能で、3D モデル化することで、簡易的な計測も可能であることを確認した。

UAV 点検は、現地での移動を最小限にできるため、調査員の安全確保が容易で、移動や安全対策に要する時間を大幅に削減できることや、災害後調査における二次災害防止も期待できる。さらに、撮影データは、SfM 解析により、オルソフォトや 3D モデルを作成可能であり、自律飛行による毎回同じ画角の撮影による定点観測など変状箇所のモニタリングにも適する。これら点検時のデータ蓄積は、長寿命化計画の基礎資料やインフラ分野の DX 実現化に向けた基礎資料として活用が期待できるため、今後は、このような長期的な維持管理への高度利用についても、検討を進めることが重要と考える。