

# ダム堤体劣化調査のデジタル点検手法導入の取組みについて

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 ○菅原 宏明, 石井 明, 非会員 安野 貴人  
三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 非会員 今城 勝治, 北村 堯之

## 1. はじめに

我が国では高度経済成長期に集中整備された大量の社会資本施設の本格的な維持管理フェーズが到来する。従来の維持管理手法は人による作業を前提としており、今後少子高齢化が進み労働力人口の減少や経験豊富な熟練技術者の離職による技術不継承が懸念される中、ICTやAIの新技术を活用した新たな維持管理手法を導入していくことが強く求められている。

天方ら<sup>1)</sup>は維持管理にAIを含むICTを活用した点検手法を導入するにあたっての留意点を整理した。人とは作業特性の異なるAIでは直接代替は難しく、点検の生産性向上や付加価値向上を狙う場合、AIに適した点検作業フローの改善が必要であること指摘し、河川護岸の点検事例をもとに点検フローの改善策を示した。また筆者ら<sup>2)</sup>はダム堤体の効率的な点検・診断・管理の実現を目指して、非GNSS環境下のUAVの自律航法やAIによる画像劣化情報検知手法を提案した。

そこで本稿ではダム堤体点検ワークフローを再整理し、UAV自律飛行に関してLiDAR点群計測と風況観測を加えたダム堤体デジタル点検の手法を報告する。

## 2. ダム堤体のデジタル点検

### 2. 1. デジタル点検のワークフロー

ダム堤体は近接目視で全体を詳細に点検し、継続監視箇所を管理している。一方、デジタル点検は全体の概略点検後に、詳細点検を実施する流れである。初めの劣化情報抽出精度が異なる点に留意が必要である(図-1)。

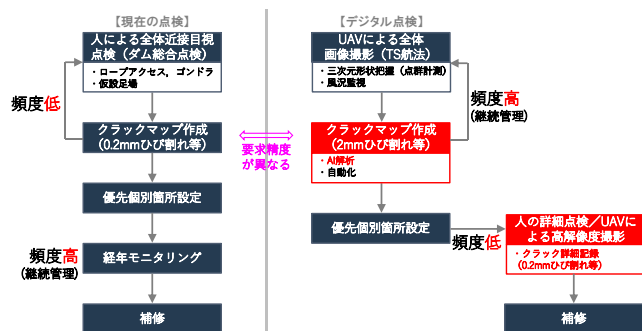


図-1 堤体劣化診断のデジタル点検フロー

### 2. 2. ダムにおけるUAVの自律航法 (TS航法)

ダム堤体近接はGPS/GNSS測位を正常に受信できない環境下である。そのため追尾式トータルステーション (TS) によるUAVの自己位置推定技術を用いたTS航法を適用した。TS航法はダムにある基準点から座標系の設定を行い、UAVに装着させたプリズムをTSで計測し、その計測結果をUAVにフィードバックすることでUAVが自己位置を認識して事前設定した飛行ルートを自律航行する仕組みである(図-2)。

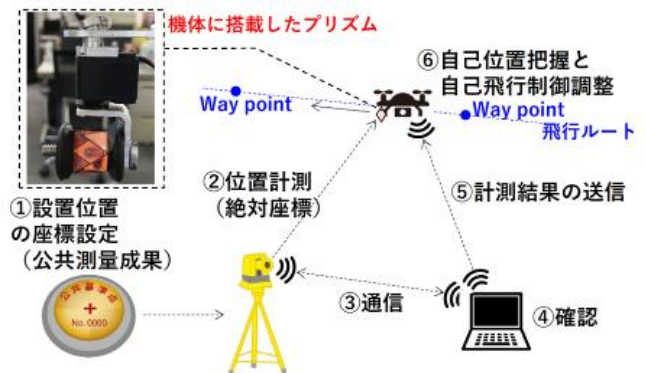


図-2 トータルステーションを活用した自律航法

### 2. 3. 点群計測によるダム形状把握

複雑形状を有するダム堤体面から一定離隔させた自律飛行ルートが必要である。ルート作成のためには三次元情報が必要となるが、建設年度が古い多くのダムでは三次元情報を有していない。地上レーザーでは計測箇所は限られた天端等の平地面になり、堤体全体を網羅することも困難な場合があり、またUAVによる点群計測も一般的なGNSS/IMU方式では行えない。そこでUAVに搭載しているカメラをLiDARに変更しすることで、三次元点群データを簡易に取得可能とした。

### 2. 4. 風況観測

UAVの安全飛行には風況も重要である。ダムでは堤体付近は吹上げや吹下しといった特有の風況の他、複雑な形状付近の偏流などが発生しており、突発的に十数m/sの風速になることもある。堤体近接で飛行させているため強風により接触リスクが高くなる。離陸前の風況

キーワード ダム, UAV, 自律飛行, トータルステーション航法, 風況計測用ライダー, 異常検知

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8 CSタワー 八千代エンジニアリング株式会社 TEL 03-5822-6844

確認だけでなく、飛行中のきめ細やかな風況モニタリングも安全監視には重要である。

### 2. 5. AI を活用した異常検知手法

AI の画像解析を活用した劣化情報の検出は、監視・抽出対象が明瞭であれば「教師あり学習」で実施する(例えば嶋本ら<sup>3)</sup>)。本稿ではダム堤体の広範囲から劣化情報をスクリーニングすることを目的として異常検知手法を適用した。

### 3. 実証事例

関東地方にある二瀬ダムで実証した結果を紹介する。TS 航法で点群計測した結果を図-3 に示す。地上レーザーの点群計測結果と大差はないことが確認できる。計測した点群計測結果を基に約 2mm/pixel の解像度で空撮するための飛行ルート(堤体から約 15m)を作成し、空撮を行った。自律航行のルートと飛行軌跡および飛行時の GPS 測位結果を図-4 に示す。GPS 測位の精度では制御困難であることが確認できる。なお空撮時は図-5 に示す風況ライダーにより、堤体近傍と堤体に対する流出風を観測した。一時的に風速 10m/s 以上が発生していた環境下でも飛行機会を見定め安全に飛行させることができた。

また空撮画像を sfm 解析により三次元化した(図-6)。TS 航法では空撮位置座標も正確に把握可能なことから、形状を歪ませることなく復元可能である。正射変換したオルソ画像から VAE-iForest のフレームワークを構築し、空撮範囲に適用して劣化情報の抽出を実施した一例を図-7 に示す。ダム堤体の安全面には問題ないが、広範囲の中から表面の劣化情報が抽出可能であり、また抽出した劣化情報はデジタル上で記録され、継続監視することが可能である。

### 5. まとめ

本稿ではダム堤体の劣化調査(点検・診断・管理)のデジタル点検を効率的に進めるために、デジタル点検のワークフローと、デジタル点検に必要な技術について示した。今後は以下の事項について取り組んでいく。

- ・ダム堤体全体の劣化情報の経年データ蓄積および対策や補修判断予測
- ・風況観測の空間分解能向上および飛行連携、UAV飛行時間内の風況予測

### 謝辞

新しい試みに理解を示して頂き、飛行環境のご協力を頂きました国土交通省関東地方整備局二瀬ダム管理所の皆様に謝意を表します。

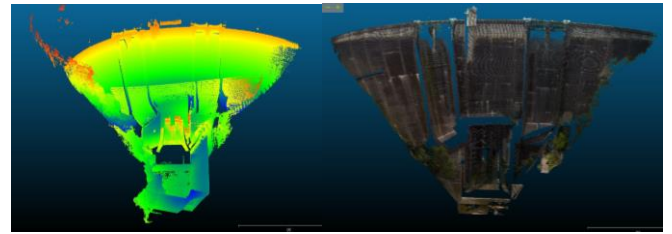


図-3 点群計測結果(左:TS-LiDAR, 右:地上レーザー)

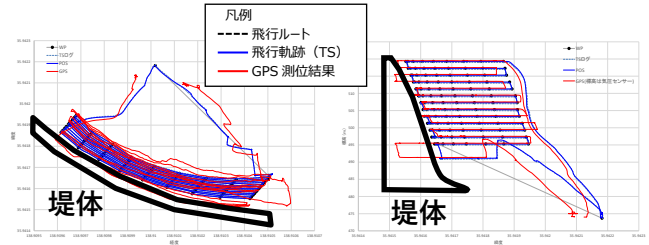


図-4 飛行軌跡(左:水平面投影, 右:鉛直面投影)

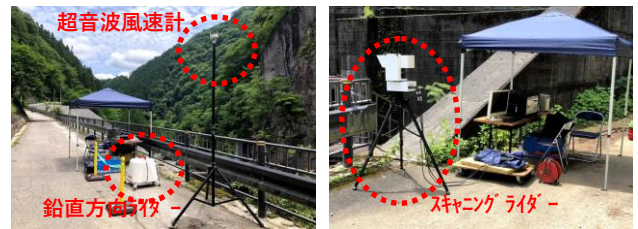


図-5 風況観測状況(左:鉛直方向ライダー, 超音波風速計, 右:スキャニングライダー)



図-6 空撮画像の三次元復元結果

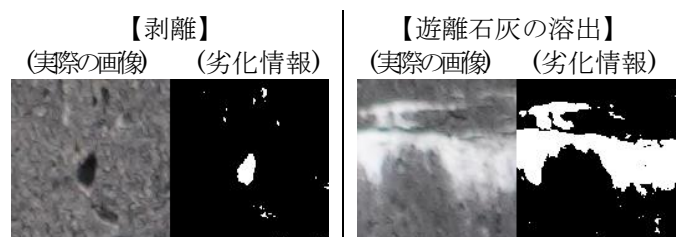


図-7 堤体劣化検知結果

### 参考文献

- 1) 天方匡純他: 深層学習技術のインフラ維持管理への導入に際しての留意点, AI・データサイエンス論文集, vol.1 J1, pp.31-40, 2020.
- 2) 石井明他: UAV の自律航行と空撮画像を活用したダム堤体点検の効率化・高度化に関する研究, AI・データサイエンス論文集, vol.1 J1, pp.613-622, 2020.
- 3) 嶋本ゆり他: ディープラーニングによるポップアウトの自動検出の手法の提案, 第33回人工知能学会全国大会, 4C3-J-13-05, pp.79-82, 2019.