

# ダム管理におけるUAVを活用したDX推進の取り組みについて

具志堅 善郎<sup>1</sup>・砂川 尚也<sup>2</sup>

<sup>1</sup>沖縄総合事務局 北部ダム統合管理事務所 管理課 課長 (〒905-0019 沖縄県名護市大北3-19-8)

<sup>2</sup>沖縄総合事務局 北部ダム統合管理事務所 管理課 管理係員 (〒905-0019 沖縄県名護市大北3-19-8) .

福地ダムをはじめとする9つの国管理ダムは、沖縄本島内の水道用水の約8割を供給するとともに、風水害から地域を守る役割を担っている。ダムのような施設の維持管理においては、点検結果に基づく予防保全型の維持管理手法が有効であり、点検作業を安全かつ効率的に行うために、新技術の活用が期待されている。今回は、福地ダムの上流洪水吐きシュート部でUAVの自律飛行を行い、撮影したデータの画像診断を行うことで、コンクリートの劣化・損傷等の状況を把握することとした。本調査の結果から、UAVを用いた手法が従来のロープアクセスによる目視点検の代替えとなるか、また、他ダムへの適用の可能性について検討結果を報告する。

キーワード 劣化調査, 定期点検, UAV, 画像診断

## 1. ダム管理におけるDX推進の背景

ダムの施設管理では、定期的な点検によって積み上げられたデータに基づく診断結果から、予防保全型の維持管理を行うことが有効とされている。

従来、高所のコンクリート構造物の劣化点検は、調査技術者がロープアクセスによって目視で変状を確認しているが、長年の知識と熟練した技術が必要であること、点検範囲が広く足場の悪い高所作業が多く危険が伴うことなどが課題として挙げられていた。

そのため、DXによるインフラメンテナンスの安全化・効率化が求められているなか、ダムの維持管理においても短時間で安全に広範囲の調査・解析が行える手法への転換が望まれており、当事務所でも自律飛行型のUAV（ドローン）を用いて撮影した画像からコンクリートの劣化状況調査を実施し、今後の実用性について検証を行った。

た。沖縄県には9つの国管理ダムがあり、島内で利用される水の8割を供給している。中でも福地ダムは昭和49年12月から管理を開始している県内最大のダムであり、全国で唯一、貯水池の上流端からも洪水を直接海へ放流できる構造の洪水吐きを備えている。(図-1)



図-1 福地ダム上流洪水吐き

## 2. 調査概要

### (1) 調査対象

本調査は福地ダムの上流洪水吐きシュート部にて行っ

### (2) GNSSの受信精度とUAV自律航法の選定

現在、UAVの自律航法はUAVに搭載したセンサーでGNSS測位情報を受信して利用する技術が広く普及している。

しかし、高さのある構造物付近では電波回折によって、複数の電波を受信してしまうマルチパスの影響が大きくなり、測位精度が低くなるとされている。福地ダム上流洪水吐きにおいてもUAV本体が受信したGNSS測位情報を確認したところ、想定ルートから大きく外れる結果となっていた。

そのため、本調査ではプリズム自動追尾式のトータルステーションを用いた自律航法を活用することとした。

この航法はプリズムを装着したUAVの飛行位置をトータルステーションで自動計測し、その測定結果をUAVにフィードバックすることで、事前設定した飛行ルートからのズレを修正しながら飛行する。

事前に設定した飛行位置からほぼ誤差なく計測できるため、対象物への正対撮影と隔離距離を一定に保持したままの連続撮影が可能であり、写真合成時の歪みも小くなるためより適正な評価を行える。(図-2)

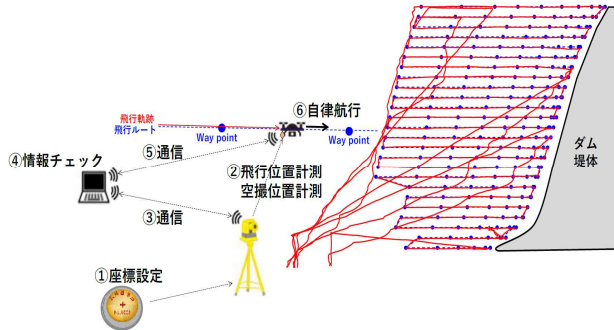


図-2 トータルステーション用いたUAV自律航法のイメージ

(3) 使用機材及び飛行・撮影条件

使用したUAV及び主要な機材を示す。(表-1)

作業地点 (UAV離発着地点) は、洪水吐きの上流側と下流側の2箇所とし、それぞれの作業地点から目視可能範囲を飛行した。(表-2)

また、シュート部下流側の飛行ルートとUAVの空撮状況について示す。(表-3) (図-3)

表-1 使用した主な機材

機材	機材詳細	使用用途
UAV (ドローン)	イームズロボティクス社 E-6106FLMP (113.9×106.0×55.0)	PCから位置情報データを取得しながら空撮
撮影用カメラ・レンズ	SONY α7 (有効画素数 6,000万画素)、短焦点レンズ (50、35、16mm)	検査対象の構造物を撮影
トータルステーション	TOPCON GT-1005 (自動追尾式、光波有効到達距離300m)	UAVの位置情報、空撮位置を計測
プリズム	LeicaGeosystems GRZ101	UAV本体に取り付け、トータルステーションからの通信を反射
PC		フライトコントロール、画像データ再生
風速計		飛行判断



表-2 飛行・撮影条件

【飛行条件】	
○飛行範囲	トータルステーションの追従範囲内：約150m
○設定高度	離陸地点から+高度飛行時：150m (航空法による) 離陸地点から-高度飛行時：約-30m
○飛行速度	4m/sec以下 (撮影ラップ率との関係による)
○飛行可能風力	最大3m/sec (メーカー基準は10m/sだが安全を考慮)
【撮影条件】	
・ 作成した飛行ルートを自律航行させ、空撮作業を実施	
・ 撮影距離は7m以下とし、0.5mm以上のクラック幅を検出できるように、目標解像度を1mm/pixelとする。	
・ オーバーラップ率60%・サイドラップ率60%とする	
・ 撮影解像度はカメラの有効画素数とする	
・ オートフォーカス・シャッタースピード・ISO値、ズーム等のカメラ設定は、当日の天候等を考慮し、画質を確認しながら現地で調整する	
・ 空撮位置座標の記録を行う	

表-3 UAVの航行ルート (抜粋：下流側)

撮影箇所	点名	経度	緯度	高度 (m)	撮影方向
シュート部	①	26.636506	128.239971	11	斜め
	②	26.636777	128.239058	84	
	③	26.636797	128.239069	84	垂直
	④	26.636528	128.239980	11	
	⑤	26.636550	128.239988	11	斜め
	⑥	26.636817	128.239080	84	

※高度は離着陸位置を基準に算出

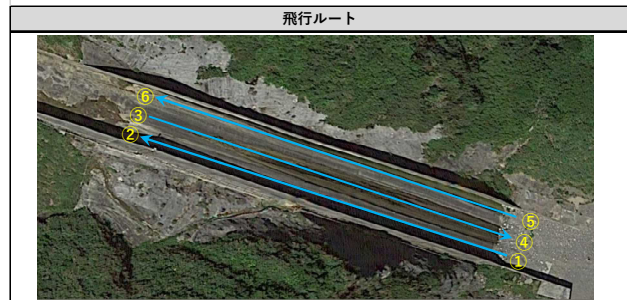


図-3 UAV空撮状況



#### (4) 空撮画像の解析方法

(表-2) の条件で撮影した画像をもとに、真上から見た傾きのない画像となるようにオルソ変換してつなぎ合わせ、正確な位置や実寸の大きさを計測する。

また、撮影画像から各構造物のひび割れ・漏水・遊離石灰・剥離剥落・植生等の変状を抽出し、点検調書を作成する。

### 3. 調査結果

#### (1) オルソ画像の作成

(表-2) の条件で撮影した連続画像をもとに、シュート部床板・左岸導流壁・右岸導流壁におけるオルソ画像から、各変状のサイズ測定を行った。

シュート部床板のオルソ画像を抜粋し示す。(図-4)



図-4 作成したオルソ画像 (抜粋：シュート部床板)


#### (2) 点検調書の作成


床板・左岸導流壁・右岸導流壁における、打設目地ごとの変状状況を記載した点検調書を作成した。

(図-5)

本調査においても問題なくコンクリートの劣化状況が把握できた。

また、0.5mm幅のクラックも抽出できたことから、従来のロープアクセス点検と比較しても同等な精度であることがわかった。

写真番号	1	径間番号	11	損傷の範囲・面積
損傷の種類	クラック	撮影年月日	令和3年12月14日	クラック幅: 1.0mm~2.0mm 長さ:0.97m 損傷進行あり
				

写真番号	2	径間番号	4	損傷の範囲・面積
損傷の種類	クラック	撮影年月日	令和3年11月16日	クラック幅: 0.5mm~1.0mm 長さ:0.59m 新規損傷
				

写真番号	1	径間番号	6	損傷の範囲・面積
損傷の種類	遊離石灰	撮影年月日	令和3年12月14日	面積:0.26㎡ 損傷進行なし
				

図-5 作成した点検調書 (抜粋)

#### 4. ロープアクセス点検との比較

従来手法であるロープアクセスでの目視点検とUAVを用いた点検について、比較（作業期間・コスト・安全性等）を行った。（表4）

作業期間は、ロープアクセスでの目視点検と比べ、UAVを用いた点検のほうが3日間短縮することができた。高所作業が必要ないことから、安全性は格段に向上しており、コストの比較においてもUAVを用いた手法のほうが、約150万円のコストを削減することができる。

表4 ロープアクセス点検との比較表

	ロープアクセス点検	UAVを用いた点検
準備期間	10日（クライミング計画、調査図作成）	2日（飛行ルート設定、現地位置出し）
現地作業期間	6日	1日
データ整理期間	10日（データ整理、図化）	20日（画像処理、変状抽出）
安全性	低い	高い
コスト	約900万	約750万
特徴	特殊作業員の確保を要する。	点検の実施は天候（風）に左右される。

#### 5. 課題

##### (1) 強風下でのUAVの運用について

UAVの飛行は風の影響を受けやすく、実際に本調査でも強風のために作業を延期することがあった。

災害等で緊急の点検が必要となった場合、天候の回復を待つことなく強風下でも迅速な状況把握が求められる。そこで現在開発が進められている全天候型のUAVを活用することで解決できる可能性がある。

（表5）

表5 全天候型UAVの一例

項目	内容
重量	10kg（バッテリー、プロペラ含む）
機体寸法	110×110×60cm
搭載重量	9kg
最大飛行速度	40km/h程度
最大飛行時間	20分程度（搭載物なし）
飛行可能風速	17～18km/s程度（現場実証にて確認）
飛行可能高度	2,500m程度
飛行制御システム	IMU/GNSSにより自律飛行が可能

全天候型UAVは風速20m/s以下の安定した飛行が可能で防水防塵への対応も目指されているため、悪天候条件下での運用についても今後検討していきたい。

##### (2) AIによる変状箇所の自動検出について

本調査の画像解析における変状箇所の検出は技術者の目視によって行われたが、変状箇所の検出手法としては、より省人化・短期間化が可能となるAIを用いた自動抽出手法が取り入れられ始めている。

AIを用いた維持管理では、ダムの変状を撮影した画像から変状を検出するAIモデルを構築し、そのモデルによって定期的に撮影した画像から健全度を評価することが想定されるため、今後は適切に画像を撮影する技術と、画像から変状を精度よく検出する技術を確立していくことが求められる。

#### 6. まとめ

本調査ではトータルステーションを用いたUAVの自律航法により、非GNSS環境下でもUAVを用いた点検が可能であり、コンクリートの劣化等の点検手法として有効であるとの結果が得られた。また、ロープアクセス点検と比べて、作業期間の短縮や安全性の確保、コストの低減などのメリットがあり、精度についても0.5mmの変状検出が可能ということが確認できた。

そのため、他ダムで実施しているロープアクセスでの目視点検についても、今後はUAVを用いた点検へと切り替えていきたいと考えている。また、小型船舶から目視で行っている水質や斜面の異常に関する貯水池巡視点検についても、同様に転換が期待できる。

UAVの自律航行を用いた点検手法は、効率的且つ均質な画像データを継続的に取得することが可能であり、ダム管理においてはこのデータを用いて適時適切な判断が行えるよう、データベース化等のDX推進も今後は併せて行っていきたい。

#### 参考文献

- 石井明,天方匡純,菅原宏明,藤井純一郎,小篠耕平（八千代エンジニアリング株式会社）：ダム堤体画像データ取得の再現性向上を目指した UAV の自律飛行,第 20 回建設コンサルタント業務研究発表会(2020)
- 国土交通省 近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター：UAV の自律飛行による砂防関係施設の自動巡視・点検に関する手引き(2021)
- 水管理・国土保全局 革新的河川管理プロジェクト（第1弾）全天候型ドローン  
[https://www.mlit.go.jp/river/gijutsu/innovative\\_project/project1.html](https://www.mlit.go.jp/river/gijutsu/innovative_project/project1.html)
- 吉田龍人, 藤井純一郎, 大久保順一, 天方匡純（八千代エンジニアリング株式会社）：画像特性の変化に頑健な護岸のひび割れ検出モデル作成方法の検討(2021)