

新技術活用によるダム管理業務の効率化 —管理ダムにおけるインフラDX—

事業振興部 デジタル基盤整備課 ○野矢 英俊
新井 貴司
吉田 茂臣

ダム管理業務の効率化に向けたスマートグラス等のウェアラブルデバイス、タブレット端末及びドローン等の新技術の活用シーンを考察し、活用によって得られる効果を整理、また実証実験によって得られた課題等を報告する。

キーワード：ICT、DX、維持管理、ドローン

1. はじめに

国土交通省が管理するダムは各々の専門分野の職員の集まりであるが、昨今のコロナ禍による交代勤務等により最小人数の数名でダムを運用しており、専門知識を持った職員が不在となることがある。そのため設備障害や地震時の対応では、専門知識の乏しい職員が対応せざるを得ない状況となるほか、監査廊の点検といった時間と労力が必要な作業の省力化・自動化が求められている。

これら課題を、新しいICT技術(図-1)を活用して、経験・知識が少ない職員への遠隔支援や巡視点検の自動化による技術支援の方法を考察した。

2. 活用する新技術の選定

技術支援に必要な新しいICT技術の選定のため、課題となっている経験・知識が少ない職員への支援の必要性や巡視点検等における職員への負担について確認するために、全道19の全管理ダムにアンケートを実施した。

アンケート結果より課題を抽出し、それに対応する新しいICT技術の選定と有効性を確認するために実証実験を行った。

(1) アンケート

アンケートでは新技術による技術支援への期待が大きく、全管理ダムの支所長から回答があった。アンケートで得られた主な課題は以下である。

- ダム経験者やメーカ技術者から遠隔で技術支援してほしい。
- 機側でマニュアルや操作方法を確認したい。
- 監査廊をドローン等で自動で巡回してほしい。

その他の回答では、ダムが山間部にあるため携帯通信事業者のLTEエリア外なので不便、有事の際に現場(ダム)到着までに時間がかかるといった意見が多くあった。

(2) 新技術の選定

経験・知識が少ない職員への支援については、ダム経験者やメーカ技術者から遠隔で技術支援ができ、現場(機側)でマニュアルや操作方法を確認できるICT技術として、スマートグラスを選定した。

また、ダム監査廊の点検は漏水量、揚圧力、変形といった変状を毎週1回、1時間程度の時間をかけて巡視点検を行っているが、監査廊内の危険を伴う急こう配な階段(図-2)を上り下りするなど、職員の負担が大きいものとなっている。

監査廊の巡視点検における職員の負担軽減については、監査廊をドローン等で自動巡回ができるICT技術として、



図-1 新しいICT技術

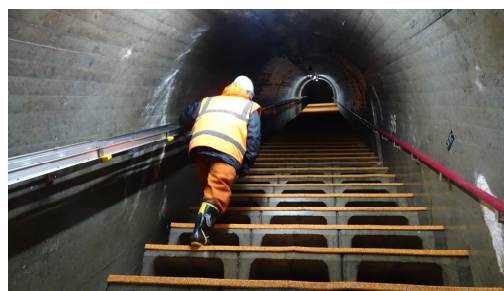


図-2 監査廊の急こう配な階段

非GPS環境下でも自律飛行可能な無人航空機(UAV)を選定した。

他にも無人地上車両(UGV)等も候補に挙げたがUAVの選定理由を以下に示す。

- a) 階段や段差など様々な路面に対応する必要があるが、飛行による点検は点検時間の短縮が図れる。
- b) 監査廊は水分が多く地面から離れたほうが故障リスクが少なく管理しやすい。
- c) 監査廊に固定物を設置することなく自由に点検箇所を選定でき変更も容易である。

(3) 実証実験場所の選定

ICT技術の実証実験を行うダムを選定する。

本実験では、スマートグラスによる遠隔支援の検証に必要な携帯通信事業者のLTEエリアがダム周辺にあること、自律巡回ドローンの検証では、監査廊にケーブル・配管やそれらを支持するケーブルラック等の障害物が少なく、広めの飛行空間の確保が望ましいこと。

以上の条件を満たす十勝ダムで実証実験を行った。

3. スマートグラス

(1) 機種を選定

スマートグラスの特徴は、頭部に装着するディスプレイ装置であり、このディスプレイ装置はヘッドマウントディスプレイ(HMD)とも呼ばれ、図-3のように大きく3つに分類される。

本検証では、現場(機側)でマニュアルや操作方法の確認が行えるものとして、屋外でも視認性が良い片眼の非透過型デバイスを選定した。

また、デバイスと組み合わせる現場支援ソフトウェアは、ダム経験者やメーカ技術者が遠隔地より支援する想定から、インターネット接続ができ、三者以上で同時通話が行えるものとし、インストールが不要なWeb方式のサービスを選定した。

(2) スマートグラスの主な機能

スマートグラスは遠隔支援ができるように、ビデオ会議や画面共有といったWeb会議と同様の機能のほかに、ペイント機能、デバイス制御といったデバイスに特化した機能が搭載されている。

a) ペイント機能

撮影した写真にマウスで描画した映像がスマートグラスのディスプレイに表示される。

b) PC画面共有

パソコン画面や図面、動画の共有ができる。

c) デバイス遠隔操作

写真や動画の撮影、ライト点灯などの制御が遠隔から行える。

d) グループ通話

複数人で通話ができる。

また、音声認識機能が搭載されており、音声でスマートグラスの操作や文字入力が可能といった、作業を支援する機能も搭載されている。

e) 作業要領書入力

音声認識機能により音声で文字入力ができる。

f) 作業指示

両手を使わずにディスプレイに表示される指示内容(文字、写真、動画)を確認できる。

g) 作業実績収集

作業が終わると作業要領書が自動でサーバにアップロードされ、共有ができる。

h) 作業レコーダ

作業者目線の映像を保存することができる。

i) 作業ファイル

マニュアルなどをディスプレイに表示できる。

(3) 検証方法

スマートグラスで電気通信設備点検が実施できれば、技術者不足や生産性の向上が期待できることから、設備点検において利便性の高い音声認識機能が搭載されたものを選定した。また、設備障害時にはメーカ技術者等の対応が必要であるが、スマートグラスの遠隔支援による点検技術者での対応への活用が考えられる。

本検証では、十勝ダム管理支所の放流塔に設置されているCCTVカメラにおいて、スマートグラスを活用した電気通信設備点検と、経験の浅い技術者による設備障害対応を想定したスマートグラスによる遠隔支援について検証を行った。

(4) 検証結果

a) スマートグラスを活用した電気通信設備点検

点検報告書の良否判定や測定値の入力、写真撮影といった一連の流れを音声入力で行えることを確認した。

片眼	両眼
非透過型	透過型
AR(拡張現実) [Augmented Reality]	MR(複合現実) [Mixed Reality]
現実の風景に情報を付加し、現実の世界を仮想的に拡張する	現実の空間に仮想の情報を投影し、現実と仮想をより密接に複合させる
2D	3D
	
 非透過型のため屋外でも視認性が良い	 透過型のため屋外(日中)でマニュアル等の視認性が悪い

図-3 ヘッドマウントディスプレイ(HMD)の種類

特に両手が塞がる測定器などの使用時に測定値の記録や写真撮影が音声入力できるため、タブレット等のデバイスと比較しスマートグラスの優位性があった。また、点検終了時に測定値や写真などのスマートグラスに記録したデータを自動でサーバにアップロードし、報告書も自動生成されるため、管理技術者や監督員は専用のWebページで共有された報告書の確認がすぐにできた。

スマートグラスを活用した電気通信設備点検では、報告書作成時間の削減ができ作業者は現場作業に専念できる(図-4)。

b) スマートグラスを活用した設備障害対応

スマートグラスを装着した点検技術者と遠隔地にいる管理技術者、監督員の三者で作業指示を行いながら実際のCCTVカメラの障害を想定した技術支援を行った(図-5)。検証では、PC画面共有やペイント機能で具体的な指示を行うことができ、経験の浅い技術者でも安心して対応できることを確認した(図-6)。

点検技術者は作業をしながら(両手を使いながら)指示を受けることができ、管理技術者は作業者目線の精細な映像をみて判断・指示できることから、スマートグラスを活用した対応では、点検技術者に対する的確な技術支援を行うことが可能である。



図4 スマートグラスを活用した電気通信設備点検

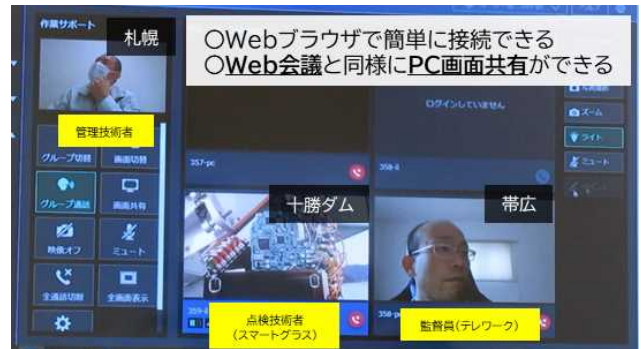


図5 三者によるWeb会議の状況

4. 自律巡回ドローン

(1) 機種の選定

監査廊等、GPS電波が届かない屋内環境でドローンを自律飛行させるにはGPS電波以外の方法で自己位置を推定する必要があり、その主要な技術を以下に示す。

a) LiDAR SLAM

点群3Dに使用されるレーザセンサで空間の距離情報から自己位置を推定するが、装置が大型であり、機体も大型となるため監査廊のような狭い空間では不向きである。

b) Visual SLAM

四方にカメラを搭載し映像から特徴点を抽出して自己位置を推定するが、監査廊やトンネルといった同じ景色が続く空間では特徴点の抽出が難しく監査廊では不向きである。

c) マーカ技術

マーカ読込用の専用カメラを搭載し飛行指示の入ったマーカを認識することで自己位置を推定する。機体は小型で、マーカを複数用意することで細かな制御が可能である。



図6 PC画面共有による具体的な指示状況

以上から、監査廊という狭い空間で自律飛行が可能な「マーカ技術」を使ったドローンを選定した。

(2) マーカ技術の概念

監査廊という閉鎖された空間の中では、ドローンが自分の位置を把握するのに通常必要なGPS電波の情報を得ることができないため、ARマーカ(図-7)を用いることで自律飛行を実現する。マーカ技術の特徴を以下に示す。

- a) 非GPS環境下で飛行できる。
- b) 変化のない空間でもマーカで飛行できる。
- c) 小型な機体を利用でき、狭い空間で飛行できる。

(3) 検証方法

監査廊のような狭い空間では、ドローンは自ら巻き上げる風の影響を受けるため手動操作でホバリングすることも難しい。また、定期的に十勝ダム監査廊のすべてを自律巡回させるにはドローンを充電ポートに帰還させて充電する仕組みが必要である。

今回の検証では、①安定した自律飛行が可能か、②階段部分など複雑な形状の現場での飛行は可能か、③充電ポートの離発着が可能か、以上の3点について実際の現場で検証を行った。実験概要を図-8に示す。

(4) 検証結果

今回の検証では、飛行プログラムを平坦な直線部と階段部、充電ポート離発着と三度に分けて飛行した。

既設照明の照度でもARマーカを読取、飛行指示に従いドローンが自律飛行できることを確認した。

監査廊は携帯電話が圏外なため、簡易的に家庭用のWi-Fiルータを用いて実験用の通信環境を整備した。Wi-Fi通信では、ドローンへの離陸指示やARマーカを読取状況、飛行中のリアルタイム映像について確認ができる。

直線部では、Wi-Fiルータから120m先まで飛行したが飛行中のリアルタイム映像は途切れることはなかった。

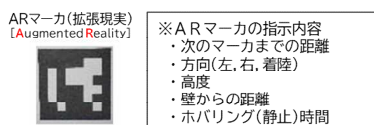


図-7 ARマーカと飛行指示内容

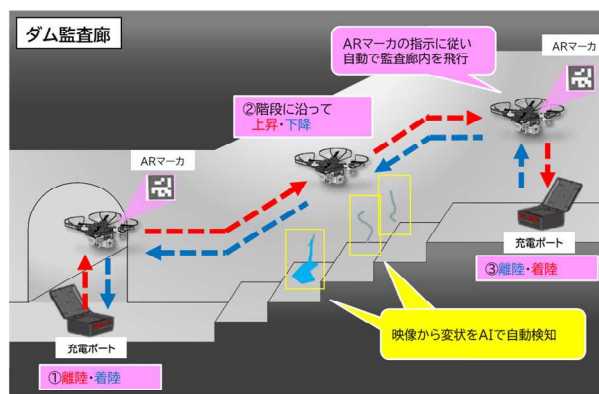


図-8 自律巡回ドローン実験概要

階段部では電波が弱く、ドローンへの離陸指示はできたが、飛行中のリアルタイム映像は受信できなかった。これは飛行ルートWi-Fiエリア化により解消でき、今後検討が必要である。なお、記録映像もWi-Fiを経由して着陸後に自動でサーバに送られる。

5. まとめ

今回、実証実験したスマートグラス及び遠隔支援ソフトウェアでは、「ダム経験者やマーカ技術者から遠隔で技術支援」という課題に対して十分に効率化が期待できるものであった。さらに、スマートグラスの音声認識を活用した電気通信設備点検が実証できたことから、保守点検業務への活用や、経験の浅い職員でもダム巡視点検時にスマートグラスを装着するだけで、巡視点検の手順を案内されるのでチェック漏れ等のミスが減り、有事の際は事務所にいる上司や職員へ映像と共に報告ができ、技術支援も受けることができる。

自律巡回ドローンでは、非GPS環境下においてARマーカの技術によって階段部などの複雑な形状の現場でも安定した自律飛行ができることを確認した。自律飛行が可能になれば、ダム監査廊内の点検は、徒歩と目視による人力点検に時間と労力を要している状況からドローンが点検を行うことで負担を軽減できる。また、地震後の点検では遠隔からの起動操作だけで、ドローンからの撮影映像をAI技術で画像解析し迅速な状況把握ができるようになる。

今回の実験では、監査廊の一部を自律飛行させたのみであり、十勝ダム監査廊すべてを巡回させるには、急こう配の階段や丁字路の飛行等、今後も検証していく必要がある。また、飛行映像のAI解析においても、クラックや漏水といった変状を検出するために必要なカメラ画質や各種センサーの追加など検証が必要である。

これら新技術を活用するには、LTEやWi-Fi等の通信環境が必須であるが、山間部のダムではLTEが圏外であることが多く、導入の支障となっている。

今後は、図-9に示すようにローカル5GやWi-Fiで国交省ネットワークと接続し、管理ダムにおけるインフラDXの実現に向けた検討を進めたい。

謝辞：北海道開発局帯広開発建設部帯広河川事務所十勝ダム管理支所には実証実験に使用するダム設備の使用を許可いただきました。北海道開発局建設部河川管理課及び全道のダム管理支所には新技術活用のアンケートにご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- (1) 電気通信施設点検基準(案) 令和2年11月
<https://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/densekisankijun.html>

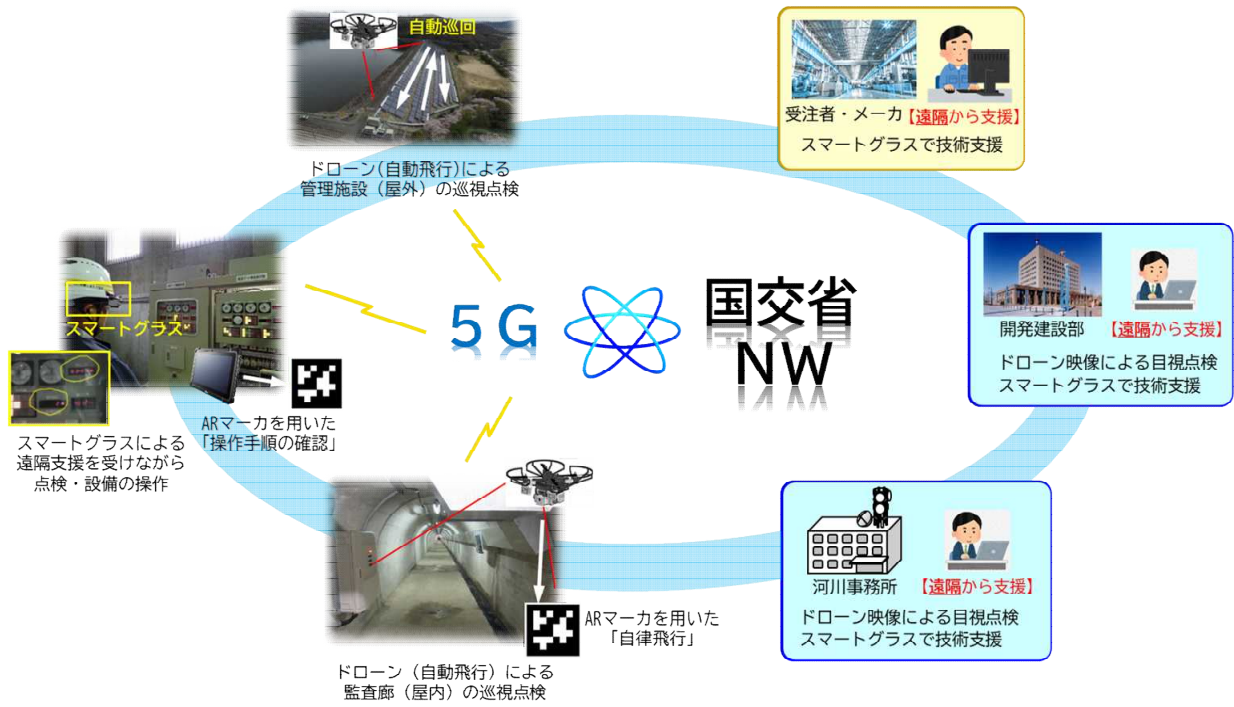


図-9 新技術を活用した管理ダムのインフラDX