

ICT を活用した排水機場運転支援 ・不具合対応支援システムの開発

内田 颯太¹

¹ (独) 水資源機構 木津川ダム総合管理所 高山ダム管理所
(〒 619-1421 京都府相楽郡南山城村大字田山字ツルギ 43)

琵琶湖開発総合管理所（以下「琵琶湖総管」）では、2013年（平成25年）台風18号の影響による琵琶湖水位の上昇に伴い、内水排除操作を行った。この防災業務を通じて、職種を問わず全ての職員による「迅速かつ安全・確実な運転操作」、「最低限度の不具合対応」の2点が課題として浮き彫りとなった。

本稿は、琵琶湖総管において、情報通信技術（以下「ICT: Information and Communication Technology」）を活用して構築・導入した排水機場運転支援・不具合対応支援システムについて報告するものである。

キーワード 内水排除,ICT,AR,タブレット端末,双方向通信,HMD

1. はじめに

琵琶湖総管は、琵琶湖一円に渡り多数の設備を管理している。そのため、防災業務の際には、防災班を9班編制し、職員等が琵琶湖周辺の巡視や水門等の操作を行い、請負業務の運転操作員が排水機場の運転を行うこととしている。

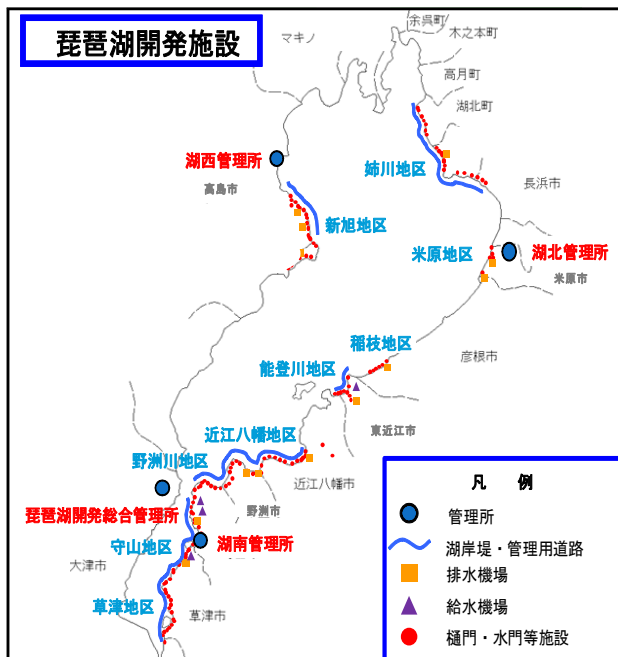


図1 琵琶湖開発施設配置図

表1 琵琶湖開発施設一覧

地区名	湖岸堤	水門等	給・排水機場
草津地区	6.9	18	-
守山地区	7.6	32	5
野洲川地区	9.2	19	1
近江八幡地区	6.8	16	2
能登川地区	3.4	14	2
稲枝地区	-	6	1
米原地区	-	5	2
姉川地区	10.0	24	1
新旭地区	6.5	24	4
計	50.4 km	158箇所 (263門)	18機場

2013年（平成25年）台風18号の影響により、琵琶湖水位が2日間で102cm上昇し、緊急的に内水排除を行わなければならない事象が発生した。当該出水では、時間雨量が大きく、公共交通機関の麻痺や道路冠水による通行止め等が発生したことにより、運転操作員の初期配置が不十分となった。このような状況下では、職種を問わず全ての職員が迅速かつ安全・確実に排水機場を運転操作しなければならない。

琵琶湖総管では、全職員を対象とした内水排除関連施設の操作説明会の実施や排水機場への操作要領の備え付けにより、迅速かつ安全・確実な運転操作に対し、日頃から備えてきた。しかしながら、防災業務発生頻度の低さ等から、全ての職員が迅速かつ安全・確実に運転操作ができる状況には至っていなかった。

また、琵琶湖総管における防災業務はダム等と比較すると長期間に及ぶことが多いため、ポンプ設備の故障や不具合の発生率が高くなっていく。各防災班には様々な職種の職員等が配置されているが、機械職については各管内（湖南・湖北・湖西）に1名ずつしか配置できず、故障・不具合発生時は復旧対応に追われることになる。

さらに、機械職の中でも設備の習熟度による技術力の差があるため、故障・不具合に対応できない場合も発生する。

平成25年の防災業務から、琵琶湖総管では次の2つの課題が浮き彫りとなった。

- 職種を問わず全ての職員による迅速かつ安全・確実な運転操作
- 職種を問わず全ての職員による最低限度の不具合対応

そこで、琵琶湖総管の諸課題への対応として、ICTを活用した職員等支援システム構築の検討を行った。

2. 排水機場運転支援システム

これまでポンプ・ゲート設備の運転については、職種を問わず誰もが操作できるよう、設備毎に写真や図を多用し、専門用語をできるだけ排除した操作要領を作成し、操作を行ってきた。

しかし、ポンプ設備の運転操作はゲート設備と比較し、数多くの確認や移動、操作が必要であり、紙媒体の操作要領では解りづらく、また雨天時の使用にも問題があった。

そこで、迅速かつ安全・確実な運転操作を実現するため、拡張現実（以下「AR: Augmented Reality」）を活用し、画像と音声により操作をナビゲーションするシステムを開発することとした。

(1) システムの概要



写真1 AR マーカー貼付・読込状況

ARを用いた運転支援システムでは、排水機場運転に必要な作業手順をシナリオ化し、AR マーカーに記録する。作業内容が記録されたAR マーカーは、写真1のように該当作業現場に貼付しておき、マーカーをタブレット端末のカメラで読み込むことで、シナリオ化した作業手順が順々と画面に表示される。画面上に表示された作業手順に従い、操作していくことで迅速かつ安全・確実に排水機場を運転操作することが可能となる。

(2) システム利用イメージ

図2にシステムの利用イメージを示す。手順化された作業シナリオはあらかじめクラウドサーバー上に登録しておく。職員等は、クラウドサーバーにアクセスし、作業シナリオをダウンロードすることでシステムの利用が可能となる。

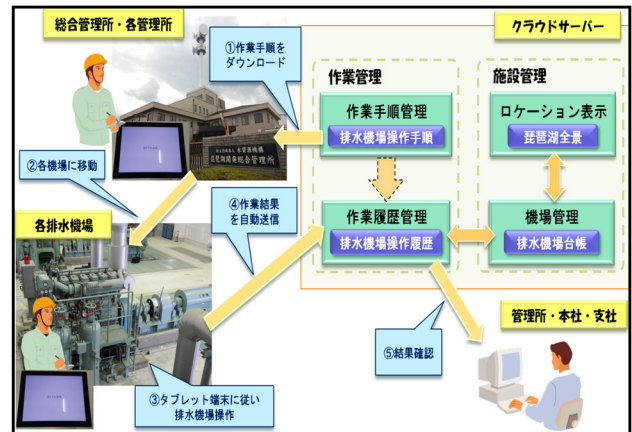


図2 システム利用イメージ

現場では、タブレット端末の画面上に表示される作業手順に従い、現場状況の確認、各機器の電源投入を行う。現場状況の確認および各機器の電源投入完了時には、写真2・3に示すように、2つの選択肢が表示され、該当する選択肢を選んでいくことで次の作業手順に進んでいく。



写真2 現場状況確認シナリオ



写真3 電源投入確認シナリオ

現場状況が正常または電源投入が完了したと選択された場合、排水機場運転操作に必要な次の作業手順が表示される。

現場状況が異常または電源が投入できない場合には、正常な状態へ復旧するための作業手順が表示され、復旧作業に専門的な知識を要する際には、不具合対応支援システムへと移行し、機械職に指示を仰ぎながら復旧作業を行う。復旧完了後は、正常な作業手順へと復帰し、手順に従い運転操作を実施する。

作業結果は、作業シナリオ終了後、クラウドサーバーに自動でアップロードされる。アップロードされた作業結果は、クラウドサーバーへのアクセスで即座に確認でき、琵琶湖総管だけでなく、本社・支社・他事務所からも閲覧が可能である。

また、作業結果を報告書として印刷することも可能で、これまで手書きの作業結果を、防災業務終了後にPCで作成していた手間を省略できる。

上記以外にも、排水機場の設備を更新した際にも本システムが利用できるよう、職員の直営により作業手順・作業対象の変更、追加、削除を行うことができる機能を有している。

本システムの構築は、機械職だけでなく、事務・土木等様々な職種の職員が携わることで、視覚的に理解しやすいシステムとなるよう配慮した。

(3) タブレット端末の諸元

表2 タブレット端末の諸元

項目	詳細
OS	Android™ 6.0
CPU	Qualcomm MSM8992 1.82GHz (デュアルコア) 1.44GHz (クアッドコア) ヘキサコア
メモリ	3GB
ストレージ	32GB
ディスプレイ	10.5インチ WQXGA (2560×1600)
バッテリー容量	6000mAh
その他	防水性能: IP×5・IP×8 防塵性能: IP6× 耐衝撃、耐振動、高温・低温時動作

表2に本システムで使用するタブレット端末の諸元を示す。屋外・悪天候での使用を考慮し、防塵・防滴・耐衝撃対策型のものを採用している。

3. 不具合対応支援システム

ARを活用したシステムは、事前に手順をシナリオ化しておく必要があるため、あらかじめ手順が想定できる作業に対しては、非常に有効である。

一方、故障・不具合対応についてはこれまでと同様に、専門知識を有する職員等や、メーカー・設備の点検業者に頼らざるを得ないが、排水機場は琵琶湖一円に点在しているため、不具合復旧だけでなく、現地までの移動にも時間を要する。そこで、専門知識を有しない職員等でも最低限度の不具合対応を可能とする不具合対応支援システムを開発することとした。

(1) システムの概要

不具合対応支援システムは、インターネット回線を利用し、映像と音声による双方向通信を行うことにより、不具合発生現場の状況をリアルタイムで確認できるシステムである。ヘッドマウントディスプレイ（以下「HMD」）のカメラで捉えた映像・音声は、図3のように遠隔地のPC・タブレット端末と共有しており、今まで専門知識を有する職員等やメーカーの熟練技術者などを現場に派遣せざるを得なかった不具合内容も、映像・音声から得られる情報により、遠隔地からの作業指示で対応可能となる。



図3 システム通信状況

図4にシステムの構成を示す。本システムは、最大6名までの同時通信を行うことができ、通信用のアプリケーションがインストールされたPCまたはタブレット端末があれば、不具合発生現場、琵琶湖総管のみならず、本社・支社・他事務所からも不具合対応支援が可能である。

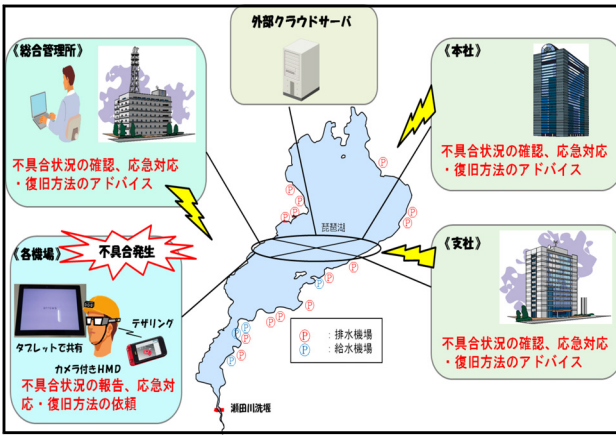


図4 システム構成

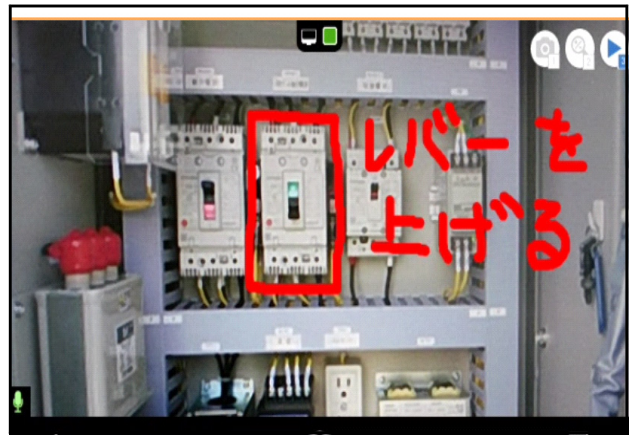


写真5 静止画像による不具合対応支援

(2) システム機能

前述のとおり、本システムは通常、映像と音声により故障・不具合情報の共有、作業指示を行う。

しかし、システム使用時には、ポンプ運転中であることも十分に考えられるため、騒音等により音声が聞き取れない場合を想定し、文字による指示も行えるようにしている（写真4参照）。



写真4 文字による作業指示状況

(3) HMDの諸元

HMDの外観を写真6に、諸元を表3に示す。HMDはヘルメットに装着可能な構造であり、通信中でも両手を使っての作業が可能となる。

また、ディスプレイ部は可動式になっているため、移動時等は跳ね上げておくことにより、視界をさえぎることなく作業が可能である。



写真6 HMD外観

また、HMDのカメラにより静止画像を撮影し、通信上で共有することで、写真5のように遠隔地のPC・タブレット端末から静止画像へ指示の書き込みを行うこともできる。映像と音声だけでは指示内容が理解できなくとも、本機能を利用することにより、不具合発生機器のどこを確認し、作業すれば良いのか直感的に理解できる。作業者が何を撮影すればよいかわからない場合でも、遠隔地にいるPC・タブレット端末からHMDのカメラ操作を盗む（ジャック）機能を使うことで、遠隔から現場作業者のカメラ映像をロックすることも可能である。

表3 HMDの諸元

項目	詳細
形状	片眼 非シースルー
ディスプレイサイズ	15インチ 離隔距離81cm
ディスプレイ解像度	854×480
表示色数	約1,677万色
輝度	1,200cd/m ²
カメラ	800万画素 ズーム機能有り
OS	Android4.4
メモリ	8GB SDカード挿入により増設可
バッテリー駆動時間	3,300mAh 約4時間 バッテリー交換可
操作方法	音声認識 ウェアラブルキーボード
システム	6者同時双方向通信
その他	防水性能：IP×5・IP×7 防塵性能：IP5×

4. システムの導入効果

本システム構築後、「排水機場運転支援システム」および「不具合対応支援システム」の導入効果の検証を行った。

不具合対応支援システムについては、現場までの移動時間の短縮、移動による事故のリスク減、機械職からの確実な支援といった効果を得ることができた。

排水機場運転支援システムについては、1度もポンプ設備を見たことがない直接雇用職員の協力の下、従来通り紙媒体の操作要領により運転操作した場合と本システムにより運転操作した場合の比較を行った。その結果、本システムの使用により、従来に比べ操作時間を31%、報告書の作成時間を89%短縮できることが判った。

また、操作終了後、職員に感想を聞いたところ、AR マーカーの読込により、作業対象機器を間違える心配がないため、紙媒体に比べ、より「安全・確実な運転操作」ができるという評価を得た。

5. システム運用におけるランニングコスト

「排水機場運転支援システム」および「不具合対応支援システム」は、受注者のシステム、クラウドサーバーを利用し構築しているため、システム運用のためには、受注者と保守契約を結ぶ必要がある。

システム運用にかかるコストとして、表4に示す項目が挙げられる。

表4 ランニングコスト一覧

項目	詳細
クラウドサーバーの保守・運用	クラウドサーバーの利用・管理 システムメンテナンス データベースのバックアップ ウイルス対策・脆弱性対応 保守サポート・問い合わせ対応
タブレット端末 HMDの保守	ソフトウェアの保守
システムログインID	排水機場運転支援システム 不具合対応支援システム
Wi-Fiまたは テザリング使用料	タブレット端末・HMDの通信に利用する 携帯回線通信料（携帯会社への支払い）

ICTは各方面でその有用性が注目されている技術であり、今後さらに開発、普及が進むと考えられるため、ランニングコストは現在より安価となっていくことが予想される。

6. まとめ

排水機場運転支援システムの構築により、従来に比べ操作時間を短縮し、ヒューマンエラーのリスクを低減した。これにより、「職種を問わず全ての職員による迅速かつ安全・確実な運転操作」が可能となった。

また、不具合対応支援システムの構築により、機械職等を派遣せざるを得なかった故障・不具合でも、遠隔地からの支援だけで、「職種を問わず全ての職員による最低限度の不具合対応」を行うことが可能となった。

7. 今後の課題

琵琶湖総管では、運転操作支援、不具合対応支援としてシステムの開発・構築を行ったが、ダム・水路等の管理においては、防災時の下流巡視、放流警報、直営点検、緊急時の操作指示等に活用することで、管理業務の効率化を図ることができると考えられる。

また、琵琶湖総管のように多数の設備を管理し、現場まで移動距離がある事務所では、工事の施工管理への活用も可能であると考えられる。

さらに、双方向通信中の映像は動画として保存できるため、不具合対応支援以外にも、工事の施工監督、設備の直営点検時に使用することで、経験の浅い職員への技術伝承に活用できる。

本システムは、アイデア次第でさらなる業務の効率化・高度化を目指すことができるため、様々な分野へ活用方法を発展させていくことが今後の課題である。

本論文は、著者の前任地である（独）水資源機構 琵琶湖開発総合管理所 機械課での成果について取りまとめたものである。