

# ドローンを活用した上野遊水地巡視の 試行について

松本 壮央<sup>1</sup>・岡田 雄一郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>大和川河川事務所 王寺出張所 (〒636-0002 奈良県北葛城郡王寺町王寺1-13-8)

<sup>2</sup>木津川上流河川事務所 管理課 (〒518-0723 三重県名張市木屋町812-1)

木津川上流河川事務所では4つの遊水地を整備し、管理運用している。遊水地は平時において農地として利用され一般道も存在するため、出水時において遊水地に洪水が流入する前に職員等による車両巡視を行い、遊水地内に人がいる場合は退避を呼びかけている。遊水地運用に伴う水難事故防止のため、巡視の確実性が求められる一方で、巡視員の責任や負担は相当である。

そのような状況を改善すべく、確実な巡視と労力軽減を図るためドローンを活用した巡視の現地実証実験を行った。本稿では、ドローンを活用した上野遊水地巡視の実証実験結果及び今後の課題と展望について報告を行うものである。

キーワード ドローン, 省人化, 高度化, 遊水地, 遠隔監視

## 1. 現状と課題

国内の河川は3万以上ともいわれ、出水頻度の増加、経験豊富な技術者の高齢化、河川管理施設の老朽化といった様々な課題に直面している。木津川上流河川事務所では、これらの課題解決策の1つとして、巡視行為の無人化を目指した。河川管理における様々な巡視行為がある中、まずは上野遊水地における出水時巡視の省人化を目指して、ドローンを活用した巡視の実証実験を行った。

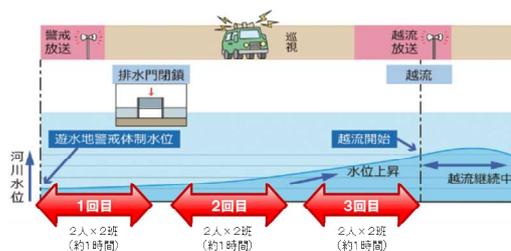
木津川上流河川事務所では長田遊水地（55.1ha）、木興遊水地（70.0ha）、新居遊水地（61.2ha）、小田遊水地（62.2ha）の計4つからなる上野遊水地（図-1）を整備している。普段は農地として利用され、一般道も存在するが、遊水地への越流が予想される場合は危険なため、退避を呼びかけている。

現行巡視は、冠水する遊水地内に残る人がいないか、越流が始まるまでに計3回、2人組の2班体制で車両巡視により目視確認している。（図-2）巡視員は、遊水地への越流が始まるまでの限られた時間の中で、自身の安全確保にも留意しながら、多くの人員と時間を割いている。また、限られた時間の中では、車両移動ができる一部の道路から見える範囲しか確認できない。特に夜間ともなると、一層確認できる範囲が限定的となっている。

（写真-1）このように、上野遊水地の出水時巡視は、時間や体制が限られるなかでも確実な安全管理が求められる。



（図-1 上野遊水地）



（図-2 巡視スケジュール）



（写真-1 懐中電灯による出水時巡視）

これらの課題解決のため、カメラ搭載ドローン、赤外線カメラ、スピーカーを活用し、赤外線カメラの特性、最適な撮影方法、自律飛行の安全性ドローン遠隔監視の方法、避難勧告誘導方法の実証実験を行い、遊水地巡視の新たな選択肢になり得ることを確認した。(表-1)

(表-1 成果及び課題)

赤外線カメラ搭載ドローンの活用メリット	リアルタイム映像配信技術との連携メリット
<b>【効率化】</b> ✓ 機動性に優れ移動制限が少いため現行手法では約1時間だったのが、約30分で巡視ができる ✓ 巡視速度のアップにより遊水地内の網羅的な巡視ができる	<b>【効率化】</b> ✓ 複数の関係者による現場状況のリアルタイム共有ができる ✓ 集中管理センター等から地図上での指示ができ、現場での即時対応ができる
<b>【省人化】</b> ✓ 自律飛行は労力が少なく現行手法の半分の体制で巡視ができる ✓ 作業や移動が減り巡視員自身の安全を確保できる	<b>【省力化】</b> ✓ 複数の拠点から赤外線映像の判読支援が可能 ✓ 各拠点でリアルタイムな映像を共有できるため、帰還後の巡視結果の行内報告は最小限にできる
<b>【高度化】</b> ✓ 昼夜を問わず赤外線カメラの映像で人の発見確度が向上する(写真-2) ✓ SDカードにデータが保存されるため帰還後の検証も可能	<b>空中スピーカー放送のメリット</b> <b>【効率化】</b> ✓ 離れた場所からでも切迫度を伝えられる(写真-3)



**【今後の取り組み課題】**

- 実証実験から得た条件で実現象に近い環境下での試行飛行
- 飛行環境に左右されるため、経験不足による飛行は事故リスクが高まる。  
⇒ 安定した運用のため、課題の抽出・経験の蓄積・ノウハウが必要。
- 気象条件による巡視方法の選択ルールと代替手法の確立
- ドローンを操縦できる人材育成



(写真-2 可視カメラ(左)と赤外線カメラ(右)による画像の比較)

本稿では、2021年度の成果を基に、2022年度に実装を想定し出水時にドローン巡視実験を行った成果について報告するものである。

**2. 実験概要および実験結果**

**(1) 第1回実証実験**

**a) 課題**

昨年度の実証実験の課題として、以下の2点について、課題解決のため実験を行った。

- スピーカー搭載ドローン(写真-3)の耐風性能及び人(被写体)を発見した際のスピーカーを使った呼びかけ等、人発見時の対応方法の検証

- ドローン飛行が困難な気象条件時の効率的な代替巡視手法の検討



(写真-3 スピーカー搭載ドローン)

**b) 実験概要**

上記の課題を本番同様の巡視手順(写真-4)で確認し、運用上の課題確認のための実績を得る。また、ドローン飛行困難時の代替巡視手法を検証する。

実験内容は、スピーカー搭載ドローンの耐風性能の検証として、台風通過後の比較的風が強いタイミングで実施し、機体性能以下の強風時(7m/s以下)の条件下において、昨年度実証した撮影条件により赤外線画像を取得し、画像判読への影響を検証した。

次に、人(被写体)を発見した際のスピーカーを使った呼びかけ等、人発見時の対応方法の検証として、昨年度検証の飛行コースに、人発見時の対応(自動航行を停止し、ホバリング状態でスピーカーを使った呼びかけを実施)を加えて、バッテリー消費に伴う予定コースの残量や、一旦帰還する場合の所要時間等を検証した。

最後に、ドローン飛行困難時の効率的な代替巡視手法として、赤外線暗視スコープ等の複数の機器の判読距離を確認し、代替手法においても高度化を図れるよう検討した。



(写真-4 遠隔巡視の状況)

c) 実験結果

スピーカー搭載ドローンの耐風性能の検証としては、強風による影響を確認すべく、令和4年台風14号通過直後の比較的風が強い条件で4回の飛行巡視を実施した。

飛行可否は、前年度の実証実験で整理した運用手順(案)で規定する地上風速(7m/s以下)を目安に判断した。強風時(地上風速7m/s以下)では、機体は安定飛行可能で、赤外線画像の精度に影響は少ないことを確認した。(写真-5)



(写真-5 強風時の赤外線画像)

次に、人(被写体)を発見した際のスピーカーを使った呼びかけ等、人発見時の対応方法の検証としては、人(被写体)発見時に直ちに自律飛行を停止し、ホバリング状態でスピーカーを使った呼びかけが実施できることを確認した。人発見時の対応(本検証ではホバリング約1分間)により、バッテリー消費量が多くなり、予定飛行ルートをして完了することができなかった(図-3)。また、現場巡視班が人を見落としした際に遠隔監視班が見落としを指摘した際の位置情報を共有することが難しいことが分かった。

さらに小田・新居コースの飛行において、離発着場所から最も距離が離れている新居遊水地東側の飛行時にプロポ映像伝送に不具合(電波干渉により時折映像が固まる)が確認された。



(図-3 ドローン飛行結果)

ドローン飛行が困難な気象条件時の効率的な代替巡視手法の検討としては、下記の機器を用いた場合の「人」判読可能範囲を確認した。(図-4)

種類	①LEDサーチライト	②赤外線暗視スコープ	③サーマル暗視スコープ	④サーモグラフィカメラ
仕様	使用光源：高輝度白色LED 明るさ：約75ルーメン/ 約1000ルクス(1m前 方) 防水性能：JIS IPX3 備考：飛行の巡視で使用する LEDサーチライト	単眼/双眼：単眼 解像度：1280×720 FOV：25°×13.4° 保護等級：IP67 ズーム：デジタルズーム3倍 備考：スマホ、タブレットに 無線接続可	単眼/双眼：単眼 解像度：320×240 FOV：2.24°×1.8° 保護等級：IP67 ズーム：デジタルズーム2倍 備考：リアルタイムにデモ出 力可	単眼/双眼：- 画素数解像度：640×480 FOV：24° 保護等級：IP54 ズーム：デジタルズーム8倍 備考：モニター、タブレット に接続可
写真				
映像 イメージ				
判読可能 距離	50m	150m	150m	360m

(図-4 代替手法に用いる検討機器一覧)

現行巡視で用いられている懐中電灯で人を判読できる範囲は約50mであり、巡視ルートに沿った範囲のみの確認となり、遊水地全体でみると判読できない面積が大きく、人を発見する上で確実性に課題がある。

人を判読できる範囲が約150mの赤外線暗視スコープ(写真-6)を用いた場合、判読できない面積は若干あるものの遊水地内を網羅的に確認することが可能となる。

人を判読できる範囲が約360mの赤外線暗視スコープを用いた場合、上野遊水地内全体を漏れなく確認することが可能となる。

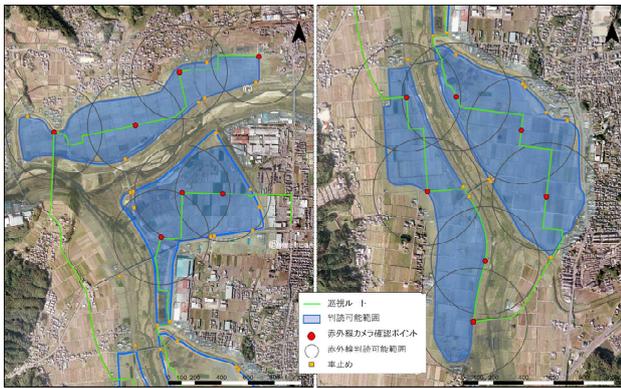
人を判読できる範囲が約360mの赤外線暗視スコープを用いた効率的な遊水地巡視ルートを新たに設定することにより、2人×1班で現行巡視と同等の所要時間(約65分)で全遊水地の網羅的な巡視が可能となり、高度化と省人化を図ることが可能となる。(図-5)



(写真-6 暗視スコープでの判読状況)



(図-6 離発着点変更)



(図-5 赤外線暗視スコープの確認範囲)

## (2)第2回実証実験

### a) 課題

第1回実証実験の課題として、以下の3点があり、その課題解決のため、第2回実験を行った。

- ・新居遊水地東側の飛行時にプロポ映像伝送に不具合（電波干渉）
- ・現場巡視班と遠隔監視班（集中管理センター）での円滑な場所の共有や指示方法の検討
- ・バッテリー消費量が多くなり予定飛行ルートが完了できなかった場合の対応

### b) 実験概要

第1回試行で確認された新居遊水地東側の飛行時プロポ映像伝送の不具合（電波干渉）を防止するため、出来る限り伝送距離が短くなるよう下図のとおり小田・新居巡視ルートの離発着場所を変更した。

(図-6)

次に現場巡視班と遠隔監視班（集中管理センター）での円滑な場所の共有や指示方法の検討の背景として、ドローン巡視の際の人発見時には、直ちに自動航行を停止し、マニュアル操作により対象者へ接近しスピーカーでの呼びかけを行う必要がある。しかし、現場巡視班は、ドローン操縦、離発着地点周辺の安全管理、ドローンの安全飛行確認およびモニターによる遊水地内の追い出し対象者の確認など多くの作業がある。特に雨天時等の気象条件によっては、遊水地内の人の見落としが発生することも懸念される。

そこで、現場巡視班が人を見落としてしまった場合でも、遠隔監視班（集中管理センター）からの確かな指示により、再確認等により漏れなく巡視が可能な体制を確保する必要がある。

第2回試行では、遠隔監視班とリアルタイムの飛行位置や映像を共有した上で、遊水地内の飛行ルートに番号を付与した図面（図-7）を用いて、トランシーバー等による現場との円滑な場所の共有と指示が可能か確認した。

また、バッテリー消費量が多くなり予定飛行ルートが完了できなかった場合の対応について検討した。

### c) 実験結果

新居遊水地東側の飛行時にプロポ映像伝送に不具合（電波干渉）としては、離発着場所の変更後の実証実験では、新居遊水地東側の飛行時でもプロポ映像は安定し、不具合（電波干渉）は解消された。

現場巡視班と遠隔監視班（集中管理センター）での円滑な場所の共有や指示方法の検討としては、遊水地内の飛行ルートに番号を付与した図面により、リアルタイムの飛行位置の共有と再確認が必要な場所の遠隔指示を円滑に実施でき、人の見落としした場合の補完が可能であることを確認した。

(写真-7) ただし、第1回試行時と同様に人発見時対応により、バッテリー消費量が多くなり、予定飛行ルートを実行できなかった結果となった。



(図-7 番号を付与した図面)



(写真-7 遠隔指示)

効率的な残コースの巡視方法として、2回の実証実験でのドローン巡視にかかる所要時間より、残コースが2コース以上の場合にはドローンによる再フライト（バッテリー交換時間含む）、1コースのみの場合はドローン運搬車両を用いた車両巡視の方が効率的であることが分かった。

### 3. 考察

実装を想定した出水時のドローンを活用した実証実験では、人（被写体）を発見した際のスピーカーを使った呼びかけ、人発見時のホバリングの有効性、遠隔指示を円滑に実施できることを確認出来、ドローンによる遊水

地巡視にかかる技術的な課題は解消された。

また、ドローン飛行困難時の代替巡視手法として赤外線暗視スコープが有効なことがわかった。

ドローン巡視により省人化・効率化・高度化が可能な一方で、実装に向けた体制づくりが今後の課題となる。

## 4. 今後の課題と展望

### (1) 今後の課題

本研究で検討した結果、技術的な運用は可能になった一方、今後は以下の二つの課題に取り組んでいく必要がある。

一つは、機材の確保である。政府機関等における無人航空機の調達においてはサイバーセキュリティ上のリスクの観点から外国産ドローンの調達が難しい状況にある。

もう一つは、ドローンを操縦する人材の確保である。当事務所の職員で操縦を想定した場合、異動等により継続的な操縦者の育成と機材の確保が課題となる。

### (2) 展望

実装に向けた体制づくりとして、機材を保有し、上野遊水地の出水時に参集可能な操縦者を確保できる協力者をサウンディングしていくことになる。

サウンディングを行うための最初の一手として、これまでの実証実験の成果を広く広報し、木津川上流河川事務所がどのようなニーズを抱えているか様々な業態の企業等に知ってもらうことが必要だと考えている。広報の第1弾として、三重県内の測量業に携わる方が多く参加される技術セミナーにおいて、取り組み紹介を令和5年5月に実施予定である。これらの広報を進めた上で、体制を確保する方法（災害協定や公募等）について検討していく。

※本稿は著者の前所属である近畿地方整備局木津川上流河川事務所における所掌内容を取りまとめたものである。

謝辞：本論文作成にあたり多大なる御協力を頂きました皆様に心から感謝申し上げます。

### 関連論文

2022年度 「ドローンを活用した上野遊水地巡視の実証実験」