

ドローンを活用した上野遊水地巡視の実証実験

松本 壮央¹・中村 大輔²

¹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)

²琵琶湖河川事務所 管理課 (〒520-2279滋賀県大津市黒津4丁目5-1)

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。遊水地は平時は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、確実な監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, 遠隔監視, 省人化, 遊水地

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、立ち入らないようお願いしている。

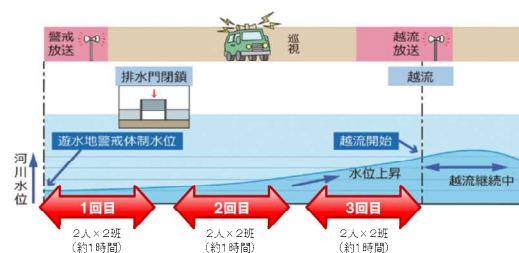
現在の出水時巡視は、冠水する遊水地内に残る人がいないか、越流が始まるまでに計3回、2人組の2班体制で車両巡回しながら目視確認している。(図-2) 巡視員は、遊水地への越流が始まるまでの限られた体制の中で、自身の安全確保にも留意しながら、多くの人員と時間を割いている。また、限られた時間の中では、車両移動ができる一部の道路から見える範囲しか確認できない。特に夜間ともなると、一層確認できる範囲が限定的となっている。(写真-1) このように、上野遊水地の出水時巡視は、時間や体制が限られるなかでも確実な安全管理が求められる。

これらの課題の解決方法として、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

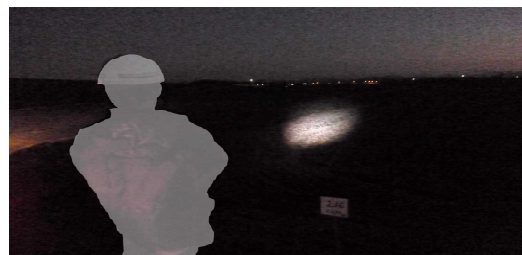
視の方法、避難勧告誘導方法の5項目を確認事項とし、巡視の実証実験を計7回行った。



(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)

2. 遊水地巡視ドローンの基本特性

使用した機器は、ドローン本体（写真-2）と各カメラがパッケージ化され市場に流通しているドローンを使用した。ドローンからの伝送画像として200万画素で確認を行った。対して、赤外線カメラの画像はもともと30万画素の記録のため、伝送画像も30万画素での確認となっている。

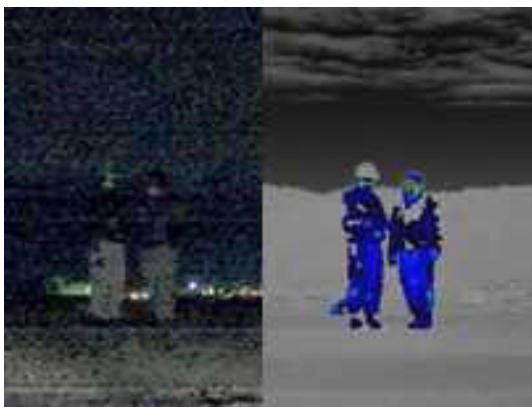
カメラ搭載ドローンの特性は、機動性に優れ短時間で広域移動が可能、空撮画像の取得による発見の確実性向上、自律飛行である。

赤外線カメラの特性としては、暗闇での発見の確実性向上である。（写真-3）

スピーカーの特性としては、切迫度の直接的な伝達、遠隔伝達による巡視員の安全性の確保である。



（写真-2 実験で使用したドローン本体）



（写真-3 可視カメラと赤外線カメラによる画像の比較）

3. 実証実験概要及び結果

（1）第1回実証実験（赤外線カメラの特性、最適な撮影方法）

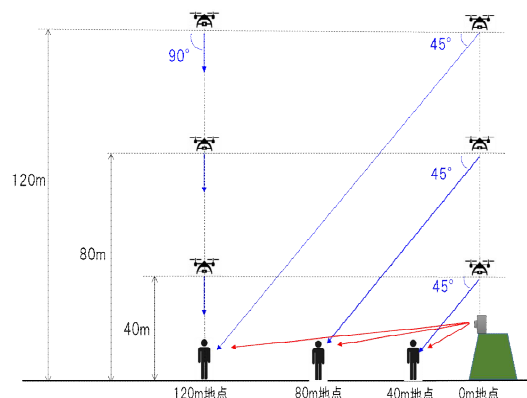
a) 概要

1つ目として、可視カメラと赤外線カメラを用いて、昼夜間別に、高度や角度を変えて、それぞれの被写体（表-1）の検出状況を確認した。

（表-1 被写体タイプ）

被写体タイプ			
人(長袖・反対色)		人(傘)	
人(半袖・近似色)		自動車(暖機状態)	
人(カッパ)			

2つ目に、ドローン巡視の最適な飛行高度と速度を確認しました。実験条件は、被写体とドローンの角度10度、45度、90度、飛行高度40m、80m、120m、飛行速度秒速4m、8m、12mで検証した。（図-3）



（図-3 ドローン巡視角度）

b) 結果

昼間の被写体は可視カメラと赤外線カメラともに判読可能だった。

夜間は可視カメラでは判読不能だったのに対し、赤外線カメラでは判読可能だった。（表-2）

（表-2 判読画像）

被写体タイプ	可視画像	赤外線画像判読
人(長袖・反対色)		
人(半袖・近似色)		
人(カッパ)		
人(傘)		
自動車(暖機状態)		

飛行角度は角度が浅い方が判読は容易だが角度が浅いほど背の高い植生で死角が生じやすい。飛行高度は確実な検出には高度80m以下が目安である。速度が遅いほどモニター表示時間が長く検出が容易であり秒速8m以上であれば30分程度の飛行で2遊水地を撮影可能であった。

よって、最適な撮影方法は、飛行高度80m、飛行速度秒速8m、撮影角度前方45度である。

(2) 第2回実証実験 (現場における撮影方法の有効性の検証)

a) 概要

第1回実証実験でおこなった撮影方法の有効性の確認として、小田遊水地、新居遊水地の夜間撮影及び撮影方法をプログラミングしたドローンによる自律飛行の実施を行った。(図-4)

また、判読環境の改善として、大型モニターを活用したブラインドテストを行った。



(図-4 自律飛行テストルート)

b) 結果

小田遊水地、新居遊水地内でも人の検出が可能だった。自律飛行により最適な撮影を半自動で実現可能になり、巡視体制を半減でき、道路網に左右されず広範囲を一度に把握可能だった。(図-5)

また、大型モニターを活用することにより補助者との連携による判読作業が可能になった。



(図-5 人の検出画像)

(3) 第3回実証実験 (出水期における適用性の検証)

a) 概要

出水期における本手法の適用性確認として、気温、植生繁茂の影響を確認するため、気温21~28度、植生繁茂している環境での服装・雨具の異なる被写体の撮影を行い、赤外線雨粒減衰の影響を確認するため、様々な条件下での撮影を行った。

また、飛行困難時の代替手法の確認として、人が赤外線カメラを使い地上から撮影して、検出可能な最大距離の計測を行った。

b) 結果

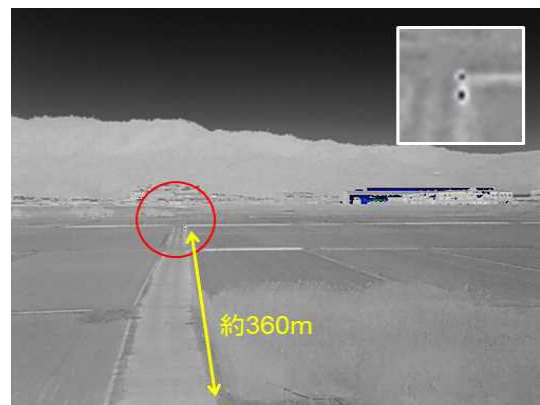
気温、植生繁茂の影響については、周囲と人体の温度差は少ないものの人を検出可能であり、また植生による影響はほとんどない。

赤外線雨粒減衰の影響としては、強い雨ほど赤外線画像の表現力は低下するが、10mm/h~15mm/hの雨であれば人の検出が可能だった。(図-6) また、カメラレンズに付着する雨滴の影響は少ない。

赤外線カメラの地上利用の効果としては、角度が浅く人体の撮影面積が大きいいため最大360m程度先まで検出可能だった。(図-7) しかし、上半身が隠れるほどの草丈の場所では検出困難であり、遊水地の網羅的な確認には人・赤外線カメラが移動する必要がある。



(図-6 降雨時の赤外線カメラ画像)



(図-7 赤外線の地上利用画像)

(4) 第4回実証実験 (伝送距離の確認)

a) 概要

伝送距離、受信電波強度の確認として、約1.6km往復長距離試験飛行を行った。(図-8)



(図-8 小田・新居往復飛行コース)

b) 結果

飛行高度80mで操縦者との距離1.6kmの飛行が可能だった。

受信電波強度は約1.6km先で5分の2に低減し、映像画質は約1.6km先で一瞬乱れる時があった。(写真-4)



(写真-4 受信映像の確認状況)

(5) 第5回実証実験 (自律飛行の安全性の確認)

a) 概要

電波障害、バッテリー消費量の確認として、2遊水地単位で撮影方法をプログラミングしたドローンによる自律飛行を行った。

また、支障物件撮影範囲の巡視方法の確認として、カメラアングルの変更による影響範囲外からの撮影を行った。

b) 結果

電波障害としては、飛行に影響する電波障害はなかったが、周辺における2.4GHz帯の使用状況等によるが、映像画質は最遠端で一瞬乱れる時があった。

バッテリーの消費量としては、小田・新居遊水地ブロックでは飛行時間23分、地上風速秒速1m~2mでバッテリーの残量は37%であり、木興・長田遊水地ブロックでは飛行時間24分、地上風速秒速2m~4mでバッテリーの残量

が28%であり、どちらもバッテリー消費量は許容範囲である。

支障物件影響範囲の巡視方法としては、カメラ操作により支障物件撮影範囲の確認が可能であり、遠距離確認は映像安定化のためホバリング時間の確保が必要である。

(6) 第6回実証実験 (本番を想定したドローン巡視)

a) 概要

基礎検討の再現性、運用手順の確認として、出水時本番を想定したドローン巡視を現行巡視と同時に行った。

リアルタイム映像配信技術との連携効果確認として、ドローンの飛行位置と撮影映像を6カ所にリアルタイム配信を行った。(写真-5)



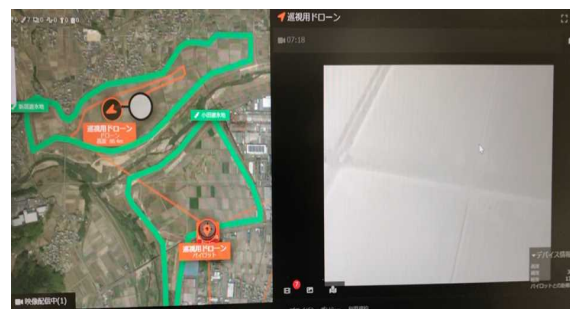
(写真-5 集中管理センターでの監視実験)

b) 結果

可視画像が使えない夜間でも温度差により人の検出が可能だった。懐中電灯で照らす範囲より広い範囲をまとめて確認でき、2遊水地を30分程度で網羅的に監視可能だった。自律飛行巡視により現行手法の半分の体制で巡視でき、移動も最小限で安全性も確保できた。

場所や時間帯によって影響度は変化するがドローン周辺でWi-Fi電波が多いと電波干渉が発生した。

リアルタイム配信では、複数の関係者から現場状況のリアルタイムが共有可能であり、飛行位置の共有により現場への迅速な応援急行が可能である。配信先から赤外線映像の判読支援が可能であり、配信映像はクラウドに保存されるため記録・検証できる。(図-9)



(図-9 リアルタイム映像配信の状況)

(7) 第7回実証実験（避難勧告・誘導の方法の検証）

a) 概要

受信電波強度の安定を確認するため、離発着場所・飛行範囲の変更と通信機器配置の見直しを行った。

ドローン搭載スピーカー（写真-6）の活用効果の確認として、聞き取り可能な音量計測、試験放送を実施した。バッテリー消費量の確認として、スピーカー搭載ドローンで全コースを飛行した。



（写真-6 スピーカー搭載ドローン）

b) 結果

受信電波強度の安定は、離発着場所の変更により最遠端での映像の乱れが減少し、カメラアングルを調整した撮影でも巡視可能だった。送信器周辺での携帯電話やWi-Fi利用の最小化は必須であり、電波干渉の多い時間帯は機内モードの活用も効果が大きかった。

聞き取り可能な音量計測は昼間、高度80mから100db以上の音量で音声の聞き取りが可能だった。試験放送の実施を行い自身上空からの呼びかけにより我が事と認識しやすく、ドローンの接近により切迫感を感じやすい。

スピーカー搭載ドローンによる全コース飛行の結果は、小田・新居ブロックでは、飛行23分地上風速秒速0~3mでバッテリーの残量が30%だった。木興・長田ブロックでは、歩行時間24分地上風速秒速0~3mでバッテリーの残量が26%だった。

4. 考察

今回のドローンを活用した実証実験では、自立飛行、赤外線カメラ及びリアルタイム映像配信技術の組み合わせは非常に有効であり、遊水池巡視の新たな選択肢に成り得ることが実証された。一方で、飛行関係・安全面・メンテナンス等の課題も生じた。また、木津川上流河川事務所では以前より、遊水地の巡視にかかる要員の捻出に苦勞してきた経緯がある。ドローン巡視により省人化が可能な一方で、これを成し遂げる体制の構築が必要であり、経験の浅い職員や委託で行う事を考えた場合、今後どのようにして本格運用まで持って行くかが重要である。本格運用に持って行くためにこれまでの実証実験で得られた課題を解決していく必要がある。

5. 今後の課題と展望

(1) 今後の課題

ドローンは、業務や災害において活用の幅は広がっているが、職員自身が業務において操縦を必要とする場面はほとんど無い。当事務所においても、今回の実証実験においてドローン巡視の有効性は確かめられたが、操縦できる職員がいない。今後は、当事務所においてドローンを操縦できる人材の育成と継続的な人材確保が大きな課題となっている。

その他には、赤外線の判読向上、自動充電・自動離着陸の飛行関係の課題、雨量や風速によってドローンが落下しないかなどの安全面の課題、機体メンテナンスなど多くの課題がある。

(2) 展望

ドローン巡視の有効性を確認できた一方で、様々な課題も洗い出してきた。現在はドローン巡視による省力化を目的としているが、今後これらの諸課題の解決や、技術力の向上により将来的にはドローン巡視完全無人化の実現に近づき、またダムや堰の放流前の巡視など多様な面で活用できる。これからも引き続きドローン巡視による省力化、完全無人化を目指し実証実験を実施していく。

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。