

堤防点検への赤外線カメラ搭載UAVの適用可能性 (モグラ穴を対象として)

矢澤 諒人¹

¹中部地方整備局 天竜川上流河川事務所 管理課 (〒399-4114 長野県駒ケ根市上穂南7-10)

近年、豪雨災害が頻発しており、防災の観点から堤防をはじめとする河川管理施設の重要性は増してきている。その一方で、現在、国が管理する直轄河川の管理延長は8,800kmに及んでおり、効率的・効果的な点検が求められている。こうした現状を踏まえ、本報では堤防変状のうち目視では全容が把握しにくい「もぐら穴」に着目し、堤防点検への赤外線カメラ搭載UAVの適用可能性について報告する。

キーワード 堤防点検, 赤外線搭載型ドローン

1. 堤防点検

河川管理者は河川管理を適切かつ適正に実施するにあたり、定期点検として出水期前・台風期の年2回の堤防点検を実施している。堤防点検は除草後、目視による点検を基本として実施している。しかしながら、点検で確認すべき堤防変状のうち、モグラ穴(モグラ塚)は草が繁茂した状態では目視確認が困難である。

2. モグラ穴の確認方法

モグラ穴は地中部に形成されるため、目視可能な変状は地表面に現れるモグラ塚である。これまでのモグラ穴調査は①モグラ塚を頼りにモグラ穴を確認、②石こう投入、③石こうの掘出しによるモグラ穴分布状況の把握の手順で実施されてきた。一方で毎回、工程①～③を繰り返し、モグラ穴を確認することは現実的ではない。そこで、変状(モグラ穴)の範囲を俯瞰的に把握するとともに、穴の位置を把握できれば、効率的な点検が可能になると考え、赤外線カメラ搭載UAVを用いてモグラ穴を把握する手法の適用を検証した。

3 調査項目と調査内容

(1) 熱赤外線映像法の河川堤防への適用上の課題

熱赤外線映像法とは物体の表面温度を映像化することで物体内部の状態や性質を調べる手法で、吹付モルタル等道路のり面の欠陥部を検出する技術である。同手法の河川堤防への適用を検証した文献²を参考に、モグラ穴抽出技術として適用する場合の課題として、以下の3点を設定し現地調査にて検証を行った。

表-1 熱赤外線映像法の河川堤防への適用上の課題

課題1	堤防は延長が長いので、熱画像を効率よく取得する必要がある。
課題2	植生に覆われた堤防で、モグラ塚の分布を把握する必要がある。
課題3	植生に覆われた堤防で、モグラ穴の分布を把握する必要がある。

(2) 調査に使用した機器仕様

本調査で使用した赤外線搭載UAV仕様を、表-2に示す。

表-2 赤外線搭載UAV仕様

型名	仕様(スペック)
DJI社 MATRICE300RTK	最大離陸重量 9,000 g GPSホバリング精度 縦直: ±0.5mまたは±0.1 m 水平: ±1.5mまたは±0.3 m (※ビジョンシステム有効時) 最大飛行時間 約55分 動作環境温度 -20~40°C
前後左右ビジョンセンサー	障害物検知範囲0.7~40m 障害物検知角度 (水平方向: 60° 垂直方向: 75°)
上下方向センサー	下 超音波センサー 動作範囲0.1~8m
赤外線カメラスベック	ZENMUSE XT2 解像度 640*512/30fps 可視光 1200万画素(Sub)
SDKカメラスベック (搭載可能カメラ)	ZEMMUSE XT2 ZEMMUSE H20T ZEMMUSE H20 ZEMMUSE Z30



写真1 赤外線搭載UAV

(3) 調査方法

課題1に対しては、赤外線搭載UAVによりオルソ画像・赤外線画像を高度20m前後で飛行させながら取得し

モグラ塚範囲の把握の可否を確認した。

課題2に対しては赤外線搭載UAVを高度15m程度で静止させた状態でオルソ画像・赤外線画像を取得し、モグラ塚の把握の可否を確認した。

課題3に対しては、2回（早朝・日中）撮影した赤外線画像を用いて、表示させる温度レンジをトライアルし、モグラ塚と合わせてモグラ穴の位置の推定を行った。その後、モグラ塚周辺のモグラ穴を探すとともに石膏を投入し、翌日モグラ穴を掘りだし、UAVで撮影し、赤外線画像と比較した。

(4) 調査地点

調査地点は堤防点検でモグラ塚が多数確認されている、天竜川左岸182.4k付近の高水敷（除草済み）とした。

4 調査結果

(1) 調査日の天候

調査日を表-3に示す。

表-3 調査日程

調査日	調査内容	撮影時刻
令和3年1月18日	UAV 赤外線調査	1回目 8:30～ 2回目 12:20～
令和3年1月25日	石膏調査	—

UAV赤外線調査を実施した令和3年1月18日における天候は晴れ、1回目の撮影直後の9時の時点で気温は-1.0℃、風速は0.8m/sであった。現地で計測した日射量は1回目撮影(AM8:30～AM8:55)の平均で205.9W/m²であった。また、2回目の撮影中の13時の時点で気温は5.0℃、風速は4.1m/sであった。日射量は2回目撮影(AM12:20～PM1:10)の平均で457.9W/m²であった。図-1に、令和3年1月18日における気温変化、図-2に、令和3年1月18日における風速変化、図-3に、令和3年1月18日における日照時間の変化を示す。何れも調査地点近傍の気象庁伊那観測所における観測データより把握した。



図-1 令和3年1月18日における気温変化



図-2 令和3年1月18日における風速変化

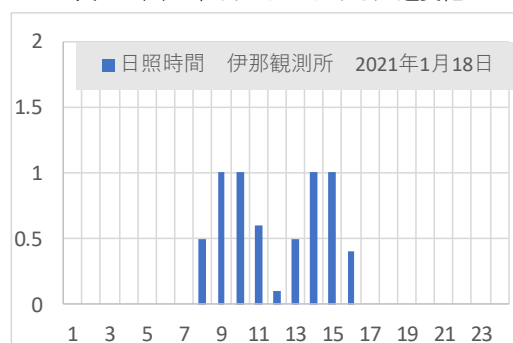


図-3 令和3年1月18日における日照時間

(2) モグラ塚範囲の把握（課題1の検証）

モグラ塚の分布状況のオルソ画像を写真-2、赤外線画像を写真-3に示す。何れも2秒に1回の頻度で撮影を行った。写真-2に示すように、草がない状況ではモグラ塚の分布状況をオルソ画像でも概ね把握できる。しかし、オルソ画像では把握が難しいモグラ塚（赤線囲い）を赤外線画像では把握することが出来る（白点線）。このように目視では確認しにくいモグラ塚の分布状況を赤外線画像では把握できそうである。



写真-2 モグラ塚分布状況（オルソ画像）

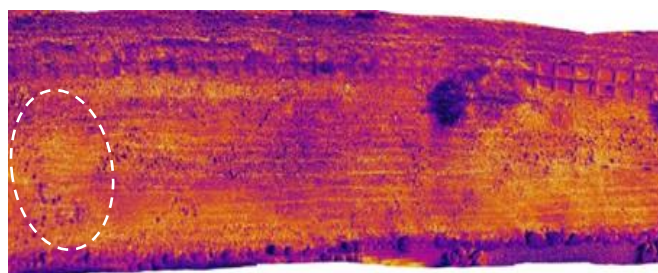


写真-3 モグラ塚分布状況（赤外線画像）

(3) モグラ穴の把握（課題2の検証）

モグラ穴調査実施箇所のオルソ画像を写真-4、赤外線画像を写真-5に示す。調査時期が冬期であったためモグラ塚は凍っており、写真-5においてモグラ塚は周辺の草地に比べて温度が低い紫色で表示されている。

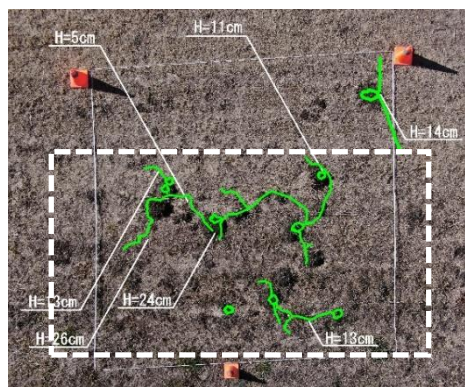


写真-4 モグラ穴調査箇所（オルソ画像）

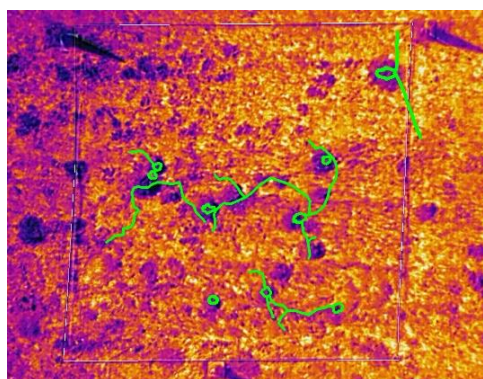


写真-5 モグラ穴調査箇所（赤外線画像）

写真-6に表示レンジをモグラ塚の温度程度の $-5^{\circ}\text{C} \sim 1^{\circ}\text{C}$ に変更した赤外線画像を示す。モグラ塚とその周辺の草地との地表面温度差が明確になっている。

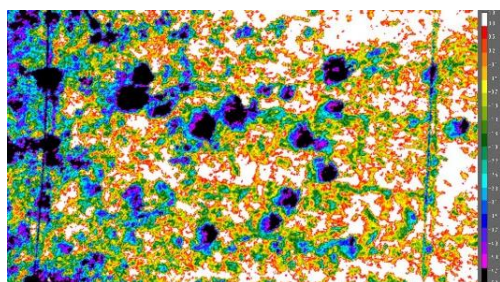


写真-6 モグラ穴調査箇所（温度差分画像）

【写真-5 白点線枠内部分を抽出】

(4) モグラ穴の分布状況の把握（課題3の検証）

上記、モグラ穴に石膏を流し、掘り出した結果（オルソ画像）を写真-7に示す。これを赤外線画像に投影した結果を写真-8に示す。モグラ穴の位置は赤外線画像の紫～青の位置と一致する箇所もあり、さらなる検証を重ねる必要があるが、赤外線カメラによりモグラ穴の位置を把握できる可能性が示唆された。なお、石膏投入で確認

されたモグラ穴の位置と赤外線画像が一致しない箇所がある理由として、モグラ塚から繋がるモグラ穴を石膏投入時に確認できず、未投入であったこと等が考えられる。

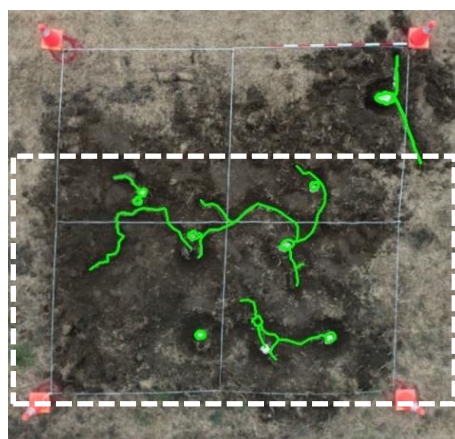


写真-7 モグラ穴調査箇所（石膏投入後）

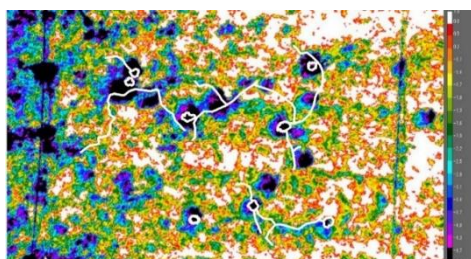


写真-8 赤外線画像とモグラ穴重ね合わせ

【写真-5 白点線枠内部分を抽出】

5 まとめ

本報により確認されたモグラ穴調査へ赤外線カメラ搭載UAV適用可能性について、表-4に示す。

表-4 熱赤外線映像法の河川堤防への適用上の課題

課題1 の検証	高度20m程度で赤外線カメラ搭載UAVを飛行させ、1枚/2秒の頻度で撮影した結果、今回の測定条件下ではモグラ塚の位置は把握できそうである。
課題2 の検証	高度15m程度で赤外線カメラ搭載UAVを静止させて撮影した結果、今回の植生状況程度であれば、モグラ塚の位置は特定できた。
課題3 の検証	今回の測定条件下では、赤外線画像を用いてモグラ穴の位置を抽出できる可能性が、示唆された。

今回の調査は冬季の除草箇所を対象とした調査であった。除草していない状況や夏季でも同様に赤外線カメラの有効性が検証できるか等に着目し、今後も継続調査を行う必要がある。

参考文献

- 1) 堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領 H31.4 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課
- 2) 国総研プロジェクト研究報告 第50号 社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発 2015.12 国土交通省 国土技術政策総合研究所