

UAV を活用した堤防法面の小動物の巣穴の発見可能性に関する検討

国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所 正会員 ○安達 孝実
 国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所 石田 武司
 国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所 大杉 昌巳
 国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所 大島 翼

1. 目的

堤防点検は、出水期前の適切な時期に、徒歩を中心とした目視等により、状況把握を行うものである。一方で、堤防点検の実施回数は限られ、堤防点検の実施後に小動物の掘穴等による不具合が生じる懸念がある。また、管内の堤防延長は長く、より効率的な手法を模索する必要がある。

小動物の掘穴は、堤防法面の損傷により、堤防に必要な耐浸透性能の低下等が懸念される。特に、キツネは堤防内部に深い穴を掘るため、未発見で放置された場合、出水時に危険な状態となる可能性がある。キツネは秋季から冬季にかけて断続的に複数の巣穴を掘ることとされており、天端からの限定的な目視確認では規模が大きなものでも見逃す可能性がある。

本稿は、UAV によるレーザ測量と写真測量により、堤防点検の実施後に発生した小動物の掘穴の発見を目的とする。対象とする小動物の掘穴はキツネの掘穴であり、堤防内部で深い掘穴となることが特徴である。



2. 調査地及び巣穴の概要

写真-1～2 事務所管内でのキツネの掘穴の例

調査地は、利根川左岸 137.5km+113 の裏法面であり、対象は令和2年12月2日の堤防点検で発見されたキツネ穴とした。調査地周辺は高水敷幅が約110m、裏法尻までの草地となる土地が約200m幅で上下流に数km連なっており、草原性であるキツネの好む環境となっている。また、法面は小段のない1:5の勾配で堤防高は約9.5m、表層の堤体材料はキツネの好む粗粒分の少ない良質な砂質土であった。

巣穴は、法尻から約14.7m、高水敷から約2.9mの位置に、穴径0.3×0.4mの断面方向に長い円形で2か所の入口が1m程度離れて近接するように掘られていた（写真-1）。キツネの掘穴の下部に約1.6×約2.0m、高さ約0.25mの楕円形の土砂の吐き出しが確認されている（写真-2）。また、開削調査では、2つの巣穴が八の字を描くように内部で接合し、深さは約6mであった（写真-3）。

当事務所管内でのキツネの掘穴の確認状況を図-1に示す。対象期間は堤防点検を始めた平成25年度以降である。これより、本調査で対象とした掘穴は、堤防点検で確認したものとしては最大規模であることが分かる。なお、これまで堤防点検で確認したキツネの掘穴は全65件であり、事務所管内の管理延長約110kmのうち、支川飯沼川の合流部より下流を除いてほぼ全域に分布している。



写真-3 キツネの掘り穴（開削）

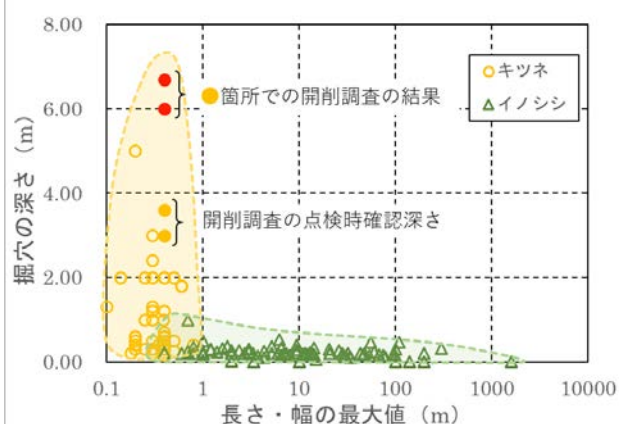


図-1 事務所管内のキツネの掘穴の発生状況

キーワード 堤防の維持管理、堤防法面、キツネの掘穴、UAV、点群データ

連絡先 〒349-1198 埼玉県久喜市栗橋北 2-19-1 国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所 TEL0480-52-3952

3. 現地調査

現地調査として、レーザ計測は UAV（DJI-Matrice600 PRO）にレーザ計測器（amuse oneself TDOT GREEN）を搭載した機材で実施した。また、写真測量は DJI-Phantom4RTK を使用した。

飛行計画は表-1 のとおりで、一般的なキツネ掘穴を想定して、穴径 0.3m が検出可能な精度が確保されるよう、点間隔 0.1m(検出対象地形の約 33%)、点間隔 0.2m（同約 67%）となるように設定した。精度確保のため、飛行の対地高度ごとに複数コースを設定し、それぞれサイドラップを確保した。調査は令和 3 年 1 月 7 日に実施し、当日の天候は晴れ、対地風速は平均約 3m/s であった。

表-1 本検討における飛行計画

種別	対地高度	飛行速度	サイドラップ	精度(点間隔)
レーザ測量	40m	2.5m/s	75%	0.08m
	80m	5.0m/s	75%	0.16m
写真測量	36.5m	2.7m/s	65%	0.10m
	73.0m	5.0m/s	65%	0.20m

4. 解析方法及び結果

レーザ計測では、GNSS 及び IMU データから最適軌跡解析を行い、取得された計測データを統合解析して点群データを生成した。写真測量では、撮影された写真画像から簡易オルソデータを作成し、画像解析処理（SfM）を行うことで点群データを生成した。

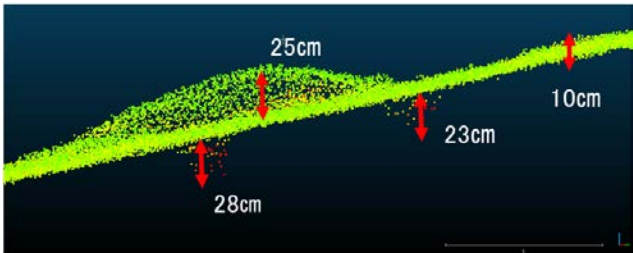


写真-4 レーザ測量による点群データ

レーザ測量による点群データを堤防縦断方向に 2m 幅で抽出し、横断面表示をしたところ、写真-4 のとおり、掘穴の鉛直深さをよく再現しており、土砂の吐き出しもほぼ正確な規模が再現された。写真測量による点群データは写真-5 のとおりで、植生等の影響を大きく受けており、土砂の吐き出しは再現できたが、掘穴の形状は明確に再現されていない。



写真-5 写真測量(SfM)による点群データ

なお、飛行計画では、2 種類の対地高度で検討をしたが、掘穴の内部に到達する点群数が多く、低い対地高度による計測がより適切であると考えられた。

5. 検出方法の提案

レーザ計測による点群データを用いて、掘穴の位置を解析的に検出する方法を検討した。具体的には、点群データから掘穴発生前を想定した想定した堤防地形を 2.0m 格子の標準地形として作成し、移動平均処理により、点群データと比較して、一定の較差（±0.15m）で凹凸地形を検出することとした。

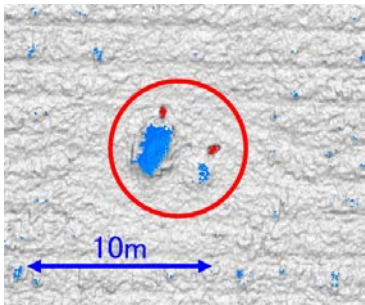


写真-6 解析検出されたキツネの掘穴

この解析で、掘穴（赤：凹部）と土砂の吐き出し（青：凸部）が近接して表示される場所が検出され（写真-6）、キツネ掘穴の抽出が可能となった。

さらに、標準地点の格子の最下点と最高点を基準にして、それぞれ±0.3mの較差で凹凸地形を評価し、それらを重ね合わせたところ、より抽出が容易となった。

6. 今後の課題

以上の検討により、UAV レーザ計測の活用により、キツネの掘穴のような発生予知が困難な小規模変状の発見に有効な手段となりうることがわかった。一方で、堤防の維持管理への実装には、計測作業の省力化や UAV 飛行距離の向上、解析時間の短縮等が不可欠と考えられる。

参考文献

1) 田島憲一・鈴木克尚・平田真二・倉島敬太：動物の巣穴・掘り起こしに関する種ごとの特徴と影響度を考慮した河川堤防の点検・評価手法、河川技術論文集第 25 巻，pp493～498，2019.6