

点群取得装置を用いた地すべり集水井の点検の試み

日本工営株式会社 ○太田敬一、松本敏

1. はじめに

地すべりの抑制工である集水井は、地すべり地内の地下水位を低減させることにより、地すべり活動を抑制する対策工である。その抑制効果を継続させるための定期的な点検は欠かせないものの、集水井の点検は点検者が集水井内に入り、有毒ガスの発生や、酸欠等の危険を伴う作業である。土木研究所はこのような危険を伴う作業に対し、安全かつ効率的に集水井の点検を行うための点検機器の活用・高度化に向け、民間企業の開発した機器の特徴をまとめるとともに、今後の集水井点検における機器適用の考え方を示している¹⁾。その中で実際の現場へ適用する際の課題も示されており、これらの課題を解決することで、利用が進むものと考えられる。

無人航空機である UAV、通称ドローンは、屋外の空撮や測量業務での利用の他、狭小で閉鎖された空間である下水管内の撮影に利用されつつある²⁾。集水井の点検にドローンを用いた試行事例では³⁾、点検者は集水井の中に立ち入らず、集水井の外からドローンを操作し集水井内の様子を確認できる点から、ドローンの利用は点検時の安全性を確保できる有効な調査手法の1つと考えられる。また点検により、集水井の内部を万遍なく撮影できる他、必要に応じドローンを操作し集水管の集水状況や閉塞の有無を確認できる等、有効な点検結果を記録できる。また点検時に撮影した集水井の内部の連続画像を使うことで、集水井の三次元モデルを作成することができる。SfM という複数枚の画像をマッチングさせる技術を用いて作成される集水井の三次元モデルは、集水井内の施設の状況の確認や、経年的な変形の有無の確認等に役立てることができる。これは従来の人による点検では実現しなかったものである。

一方、画像を用いたモデリング技術によるモデルの出来栄は、モデル作成に利用する画像の映り具合に依存する。また画像の枚数に応じ処理時間は増加すること、画像に歪みや照度に差がある場合、作成されたモデルは解像度不足になりがちである。これら課題に対し、近年の画像解析の技術の進歩は目覚ましく、例えばニューラルネットベースの生成画像の手法を用いれば、フォトグラメトリや SfM の有する処理時間や解像度不足に対する課題を補うことは技術的に可能である。しかしながら、集水井規模のモデリングを現実的な時間で処理するには、処理能力の高い複数のコンピュータが必要となるなど、ハードウェアの整備を必要とする。例えば図1はニューラルネットベースの生成手法で作成した結果の例で、実写に劣らない精緻なモデリングの作成事例であるが、この作成に際しては約100枚の画像を準備し、高性能なコンピュータで30分程度の時間を要している。

そこで本稿では集水井の点検に役立つ三次元モデルを得るために、画像を用いたモデリングに代え、レーザーを用いて試行したので、その結果と課題等を報告する。

2 レーザーを用いた点群取得装置の概要

レーザーにより集水井の点群データを得るため、集水井の内部にレーザーを照射する装置を作成した。図2に示す装置の底面には、レーザーを照射する直径5cm程の球型の市販の小型のLiDARセンサーを取り付けている⁴⁾。このLiDARセンサーは、水平視野角360°、垂直視野角59°、10cm~40mの測定距離の性能を有しており、集水井に対して下向きに挿入した場合、集水井の全周にレーザーが照射され、その反射を得ることで、集水井の形状を点群データとして取得可能である。

このLiDARセンサーが得た集水井からの反射を点群データとして処理するため、LiDARセンサーは小型コンピュータと接続している。小型コンピュータでは常時アプリケーションを動かす、リアルタイムで点群データを作成している。LiDARセンサーとコンピュータはポータブルバッテリーで稼働させており、それらを図2に示すボックス内に収納している。

小型コンピュータで動かしているアプリケーションでは、SLAMという技術を使い、点群データを作成している。SLAMは、画像等を用いて自己位置推定とセンサー周辺の環境地図を同時に作成する技術であり、今回は点群データを用いたSLAMを使っている。よってLiDARセンサーから得られた点群データを使い、装置周辺の環境をアプリケーション内で認識できている限り、点群装置が傾いたり回転した場合でも問題無く点群デ



図1 ニューラルネットベースの生成結果



図2 点群取得装置の外観

ータが取得できる仕組みである。

3 動作確認の結果

作成した点群取得装置の動作確認のため、集水井での計測を想定し、弊社中央研究所内の施設にて装置を下向き向けロープで吊り下げ、点群データの取得状況を確認した。計測状況を図3に示し、取得された点群データの結果を図4に示す。動作確認に利用した施設は、実際の集水井にある螺旋階段に似た階段のある場所であるが、階段の点群データが取得されている。また集水井の直径は3.5mであるが、今回吊り下げた場所と建物の壁面は約1mの離隔があり、その壁面の点群データも取得できている。また吊り下げた箇所から地面までの高さは約10mで、その区間にある階段および壁面の点群データが取得できている。なおこのLiDARセンサーでは色付き点群データは取得できず、図4に示した着色は、LiDARセンサーから発射したレーザーの反射強度を示しており、暖色ほど強度が高い。これらの結果から、点群装置を吊り下げること、LiDARセンサーの周辺および深度方向の点群データは取得できると考えられる。

4 稼働中の集水井へ適用した試行結果

動作確認した点群装置を用いて、現在稼働中の集水井の点群データを取得した。集水井での計測は、動作確認時と同様の方法で実施することとした。吊り下げに際しては、集水井の天端の中央付近に固定点を設置し、ここに滑車を取り付け、ロープの先端に取り付けた点群取得装置を吊り下げた。図5は吊り下げ時の状況を示したものである。ロープの上げ下げにより点群取得装置は集水井のほぼ中央に、やや回転しながら配置された。

点群データの取得結果を図6に示す。点群取得装置での計測は、集水井内に入れる前に開始しているため、先ず集水井周辺のフェンスの点群データが取得され、その後、集水井内のライナープレートの点群データが取得されている。また点群データには波板状のライナープレートの形状が見て取れること、ライナープレートの点群データは赤色で着色されており、反射強度は高く良好な取得状態を示している。

なお今回の試行では、集水井に点群取得装置を吊り下げ計測開始後、図6に示すように深度5m程までの点群データは取得できたものの、それ以深の点群データは取得できなかった。原因は現在、調査中である。

5.まとめ

市販の小型のLiDARセンサーを取り付けた点群取得装置を用いて、集水井内の点群データの取得を試行した。集水井内に立ち入ることなく、簡易な方法で実施できる点は有意と考えられる。一方、稼働中の集水井の点群データの取得には現時点で課題があり、今後、改良を進め、集水井の全長の点群データを取得し、点検時の評価に利用できるよう進める予定である。

謝辞

今回の集水井内の点群データの取得には、大分県土木建築部砂防課、日田土木事務所のご協力を頂いた。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人土木研究所、「地表からの効率的な集水井内点検手法共同研究報告書」、令和元年6月
- 2) 国土交通省ホームページ、https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/03activity/pdf/02_05MLIT_04.pdf (参照日令和6年4月2日)
- 3) 太田他、UAVを用いた地すべり集水井の点検の試み、令和4年度砂防学会研究発表会講演集、pp. 211-212
- 4) Livox社製MID-360、<https://www.livoxtech.com/jp/mid-360> (参照日令和6年4月2日)



図3 点群取得装置を用いた計測状況

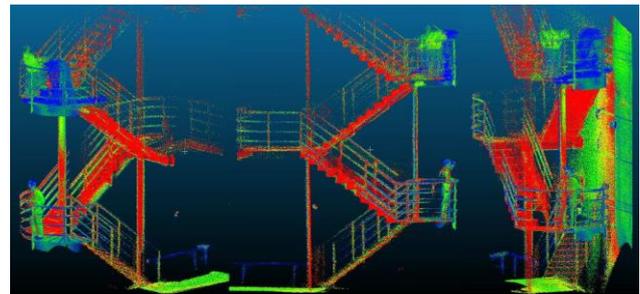


図4 点群取得装置を用いた計測結果



図5 点群取得装置を用いた計測状況

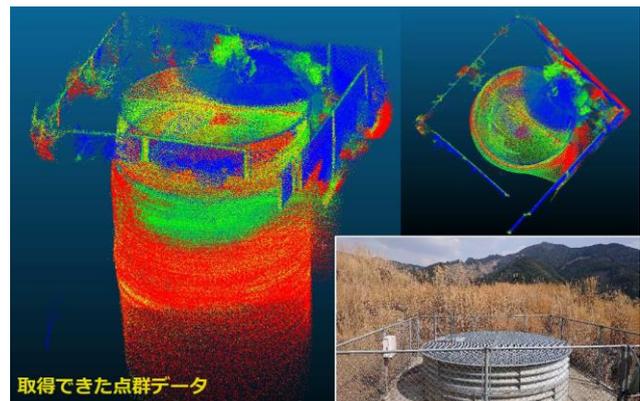


図6 点群取得装置を用いた計測結果