

SLAM 技術を用いた 3 次元点群計測の災害調査への適用性

国土交通省 中国地方整備局 河川部河川計画課 富田紀子、加國奈緒子
 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター ○宮城昭博、小林拓也、池田暁彦
 中日本航空株式会社 山本敦也、磯谷和也

1.はじめに

砂防分野の研究や技術開発の発展に向けて、土砂移動現象の実態に関する情報の蓄積と解析が必要である。そのため、土砂災害が発生した際には、土砂移動現象の実態把握を目的とした調査が実施される。災害調査では、後に土砂災害を引き起こした土砂移動現象を再現・解析するために、可能な限り定量的な情報を収集することが必要となる。しかしながら、土砂災害発生後には、救助活動や応急復旧のために堆積土砂や流木等が撤去されることから、土砂移動現象の実態把握は、早急かつ迅速な調査が必要となる。また、土砂移動現象の解析に必要な情報は多岐にわたり、解析に資する情報を網羅的に取得するには効率的に災害調査を実施する必要がある。

近年では様々な 3 次元点群データの取得手法が普及し、3 次元点群データの取得が容易になっている。取得方法のひとつである SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)技術は、GPS による測位を必要とせず、自己位置の推定と周囲認識を同時に行う技術であり、自動車の自動運転等に必要となる技術である。

本研究では SLAM 技術を活用した 3 次元点群計測の災害調査への適用性を把握するため、災害調査時に SLAM 技術による 3 次元点群計測を実施し、得られた点群データを分析し、土砂移動現象の情報のうち取得可能な情報を整理した。また、SfM/MVS 技術により UAV で撮影された写真から作成した 3 次元点群データや Apple 社製 iPad Pro の LiDAR 機能を用いて作成した 3 次元点群データとの比較も行った。

2.方法

本研究では、令和 5 年 8 月 15 日に台風 7 号の通過に伴い京都府舞鶴市の宇谷川及び杉谷沢、下倉川で発生した土砂災害を対象とした。宇谷川や杉谷沢、下倉川では、流木を含む土石流が谷出口において堆積したものの、細粒土砂を含んだ泥水により谷出口より下流において氾濫被害が発生した。

SLAM 技術による 3 次元点群計測は、GeoSLAM 社

製 Zeb-Horizon(図.1)を使用した。Zeb-Horizon は、16 個のレーザセンサーを内蔵し、30 万点/秒の高密スキャンが可能で、自動回転式のセンサーヘッドで頭上の構造物等も計測可能である。Zeb-Horizon 及び SfM/MVS 及び iPad の仕様等は、表.1 に示す通りである。



図.1 使用した Zeb-Horizon

表.1 使用機材の仕様等

	SLAM	SfM/MVS	iPad
使用機材	Zeb-Horizon	DJI Phantom4Pro	iPad Pro 11インチ(第4世代)
処理ソフト	—	Pix4Dmapper	3DscannerApp Pix4Dcatch Scaniverse
有効照射距離	50m	—	5m
飛行高度	—	50m 100m 150m	—

3.結果

災害調査時には、図.1 ①に示したスキャナーを持った状態で通常の歩く速度で調査するため、調査範囲の目安は概ね 400m(計測データの容量を考慮して 15 分程度の計測)であった。現地調査時に計測した河道断面(図.2)と同じ位置およびアングルの 3 次元点群データを図.3 に示す。

3 次元点群データより後処理で作成した簡易断面(図.3)と現地での計測状況より、10cm 程度の精度で河道断面は再現されていることが確認できた。地形断面の作成は、任意の地点で可能なため、土石流の流下断面からピーク流量の算出や崩壊地の縦断形状の把握などへの活用が期待できる。

また、家屋や立木の形状について、SfM/MVS で作成した点群(地対高度:50m)と SLAM の点群の比較より、家屋や立木の形状の再現性も高く、地表の平面部もバラつきは少ない傾向にあることが確認できた。



図.2 河道断面の現地状況

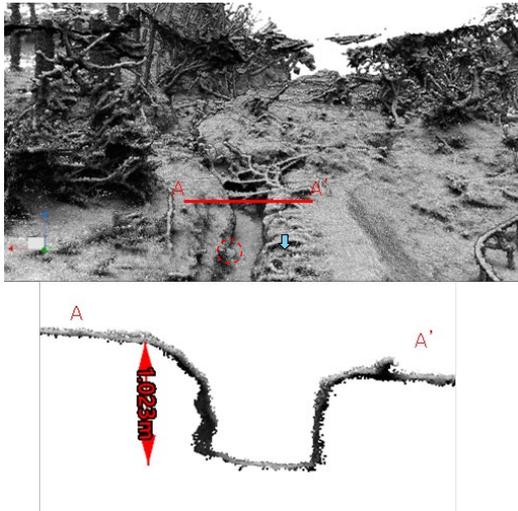


図.3 3次元点群データ及び簡易断面(A-A'断面)

流木の堆積状況については、iPad の LiDAR 機能を用いて点群データを取得し比較した。その結果、SLAM により取得された点群では、点群のバラつきは大きいものの、全体の形状が詳細に計測されていたことが確認できた。一方で、iPad により得られた点群では、表面の計測ノイズが少なく、全体としてスムージング処理がなされてしまうため、詳細な形状把握は困難であることがわかった。ただし、iPad ではテクスチャも同時に取得可能であるため流木の状況（樹皮の有無など）の把握が可能であると考えられる(図.4)。

4.おわりに

本研究では、災害調査において実際に SLAM 技術を用いた 3 次元点群計測を行い、取得可能な調査項目を整理

した。その結果、SLAM 技術を用いた 3 次元点群計測で、「土砂や流木の堆積状況」や「土石流の流下断面」、「構造物の詳細な形状(河道断面など)」、「立木の状況(樹高・胸高直径など)」等が把握可能と考えられた。

SLAM 技術を用いた 3 次元点群計測の災害調査への適用の利点を以下に示す。

- ・地上からのレーザ計測となるため、UAV 等による調査で把握が困難な土石流の流下断面把握において溪岸侵食等によるオーバーハングした地形も計測が可能である。
- ・定量的かつ高精細なデータが効率的に取得可能である。
- ・データの後処理により土砂移動現象の分析に必要な情報を把握可能である。
- ・機器の取り扱いも容易なため、災害調査や砂防調査等の経験が浅い技術者でも一定精度の情報を取得することが可能である。

ただし、SLAM 技術には、以下の課題が考えられる。

- ・特徴点が無い場所や急激な移動速度の変化などにより計測誤差が生じる。
- ・計測者からの死角や水域などでは欠測が生じる。
- ・点群データのみでは、色情報が無いいため流木や植生などの状況が正確に把握できない可能性もある。
- ・有人調査となるため崩壊源頭部などの二次災害の危険性のある箇所での調査等が困難となる。

これらの課題は、計測手法のマニュアル化や色付き点群データの取得、UAV の活用(併用)などにより解決できることから、災害調査に際しては有効なツールとなるものと考えられる。

【参考文献】

国土交通省国土地理院(2023): LidarSLAM 技術を用いた公共測量マニュアル,
https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/lidar slam/doc/lidar slam_manual.pdf,参照 2024-03-28.

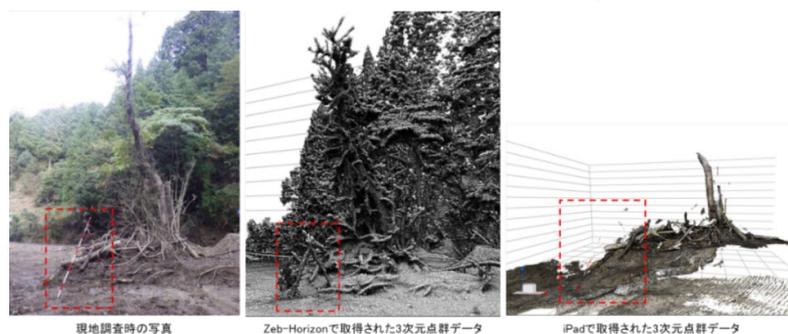


図.4 SLAM 及び iPad による計測結果の比較