

大規模切土法面の点検時における変状検出技術の検証

国土技術政策総合研究所 正会員 ○藤原 年生
国土技術政策総合研究所 正会員 渡邊 一弘

1. はじめに

平成 29 年「道路土工構造物点検要領」の策定により、特定土工構造物として長大切土と高盛土について 5 年に 1 回の点検頻度の目安や近接目視を基本として点検を実施することなどが示された。大規模のり面では、全体的な変状を把握するのは目視では困難と考えられる一方で、点群データを活用する手法は有効策の一つであると考えられる。そこで、のり面変状のうち「はらみだし」に着目して、導入上の課題検証のため MMS（モバイルマッピングシステム）を主体に法面の変状の精度確認や一連区間での適用性の確認を行い、点群密度や計測方法の精度確認と留意点について整理した。

2. 調査概要

大規模切土法面における点検実施¹⁾項目ごとに適用できる技術を抽出し、「はらみだし」の変状に着目して、点群データの取得方法などの適用性を確認した。

2.1. 実現場でのデータ取得とデータ欠損の確認

西九州自動車道(唐津伊万里道路)の大規模切土法面 写真 1 点群データの全体図
(法枠工、モルタル吹付)を対象に現場検証を行うこととし、現地計測（MMS 計測²⁾、TLS（地上レーザースキャナ計測³⁾）と既存 UAV⁴⁾計測データを整理した。写真 1 にそれぞれで計測したデータを示す。

2.2. 点群データの活用方法の確認

2.1 で取得したデータをもとに迅速に確認できる点群表示システムや 2 時期における点群データの取得及び解析方法、1 連区間での点検への活用法について検討を行った。

3. 調査結果

3.1. MMS による計測範囲と TLS・UAV の補足可能な計測範囲の確認

MMS による計測では、切土法面高さ 12.0m 程度まで再現することができるが、小段のある 5.0m 付近については点群データ欠損部があるため、細部形状が再現できない部分がある。写真 1 の空白部が欠損部分である。これらの空白部と小段部や法面上部では点密度の低下など課題があることから、調査対象の範囲や規模、法面形状などに応じて、TLS や UAV での補足が必要である。UAV は、広範囲なデータ取得が必要な現場においては有効である。しかし、点群密度が比較的粗いことや飛行許可等に留意が必要である。TLS のデータ取得範囲は、UAV と MMS の中位に位置する。遮蔽物などによる点群欠損が一部みられるが、高精度で MMS の計測範囲より広いデータ取得が可能である。道路上への機器設置条件、計測時間、コストなどに留意が必要である。表 1 に UAV・TLS と MMS の比較を示す。

3.2. 点群データの活用方法の確認

点群データを有効に活用するツールとして、点群を詳細かつ高速
キーワード 土工構造物、のり面、点検、点群データ
連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 TEL: 029-864-8172

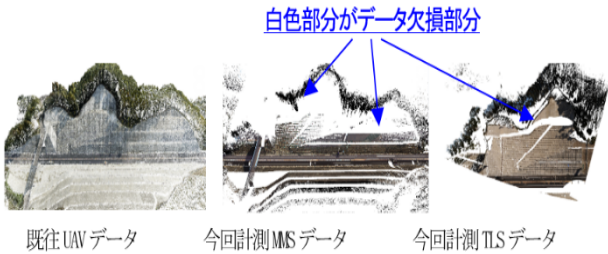


表 1 UAV・TLS と MMS の比較

機材	データ取得範囲	データ精度	計測コスト	解析コスト	備考
UAV	◎	△	△	○	・データ取得範囲が最も優れている ・機器の特性上、点群密度が粗い (地物の細かな形状は点群で再現できない) ・事前に飛行許可を得る必要がある ・計測時間は約 1 時間である ・解析時間は約 1 時間である
TLS	○	◎	△	○	・オクルージョン(他の地物の死角)による点群欠損が一部みられるが、データの取得範囲は大きい ・点群密度が高く、地物の細かい形状が点群で再現できる ・道路上に機器を設置するため、道路使用許可申請が必要 ・計測時間は約 3 時間である ・解析時間は約 1 時間である
MMS	△	○	◎	○	・計測位置から約 20m の範囲までしか点群を取得できない ・点群密度が高く、地物の細かい形状が点群で再現できる ・計測するに当たり、特別な許可は不要 ・計測時間は約 1 時間である ・解析時間は約 1 時間である

で閲覧できるシステムの汎用版が既に開発されている。これらのシステムを活用することにより、MMS 点群、カメラ画像を一元的に確認できるため、計測時点の法面の詳細な形状の表示が可能になり、法面点検時に法面の状況を迅速、的確に把握できる。

3.3. はらみだしの模擬検証

MMS で取得したデータにより、基準面解析を利用したデータ解析を行った。高さの異なる模擬はらみだしに対する実測検証を通じ、MMS 計測で 2cm 程度のはらみ出しの検出に適用できることを確認した。図 1 にはらみだしの抽出結果を示す。計測した点群データを活用することにより、目視で把握できない変状を把握できるようになれば、点検精度の向上や作業の効率化に寄与すると考えられる。なお、基準面解析の特性より、対象法面の形状や基準面の選択方法が抽出精度に影響を及ぼすため、他の法面形態に対する同手法の適用については個別の検討が必要である。

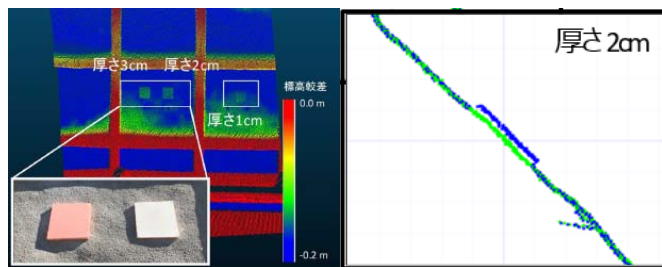


図 1 模擬はらみだしの抽出結果

3.4.2 時期点群データの解析手法の検証

2 時期の点群データの差から、法面の変状（はらみだし）の検出精度の確認と計測方法の組み合わせについて、現場での作業効率や、解析の効率、変状の抽出精度の整理と評価を行った。今回対象とした実証現場においては、解析手法の初期値は TLS などにより高密度な点群を取得し、初期値に対する比較データは MMS で点群を取得し、自動で誤差を補正する方法が最も効率よく、抽出精度も高いことが明らかとなった。なお、TLS で広範囲の点群データを整備するには、コスト面などに課題がある。

なお、変状規模が大きい場合は、変状の抽出精度に対する高い要求性能が求められないと考えられるため、経済的なデータの取得方法を選択できる可能性がある。

3.5. 一連区間の点検における点群データの適用性

一連の区間(IC 間)の定期点検を想定した効率的な MMS や TLS などの点群データの取得方法や点群データの重ね合わせを行う上での課題を整理した。実証現場での一連区間では、切土 3 段未満は MMS で計測し、その他は目視点検または TLS 計測することがコスト面等から当面活用できる範囲と考えられ、この手法によって切土法面の約 3.9 万 m^2 のうち 2.5 万 m^2 (64%) がカバーできると想定された。また、調査対象が盛土法面の場合については、MMS 計測で法面部のデータ取得が困難であり、盛土変状に着眼した路面部のデータ解析手法の検証や UAV 計測の実施（上空利用の検証を含む）または従来点検による目視等による効率的な補足などの検討が必要である。

4. おわりに

一定条件のもと MMS による点群データで、模擬はらみだしを数 cm 単位で抽出することを確認した。また、2 時期間の点群データの取得手法・精度について確認を行うことができた。

点群データは、異なる手法で取得した場合や 2 時期間で取得した場合など、結合処理にデータ補正等が必要であり、これらの点群データの処理方法の効率化が課題である。これに対しては、手動や自動補正など手法の活用が必要である。また、取得方法や点密度、精度も個別の法面点検に適した仕様を検討していく必要がある。

点群データ取得・取扱上の留意点として、レーザーの特性から水たまりなどでは乱反射しデータに歪みや欠損が生じることに留意が必要である。点群データは、法面のほかトンネルや橋梁などの施設点検などにも活用され始めているため、路線としてのデータ管理の方法などを検討していく必要がある。

【参考文献】 1) 道路土工構造物点検要領 2019.6 国土交通省道路局国道・技術課 2) 平成 30 年度 佐賀国道管内防災カルテ点検外業務報告書 2019.3 3) 移動計測車両による測量システムを用いる数値地形データ作成マニュアル(案)2012.5 国土交通省国土地理院 4) 地上レーザースキャナーを用いた公共測量マニュアル(案)2019.3 国土交通省国土地理院