

# TOF方式とPS方式のレーザスキャナを搭載したMMSによる計測点群データから路面凹部の輪郭を自動抽出した際の形状検知精度比較

日本大学 学生会員 ○山下 翔雅

朝日航洋 正会員 山口 裕哉, 非会員 白石宗一郎, 正会員 岡本 直樹

ニコン・トリンプル 正会員 岩上 弘明

日本大学 正会員 佐田 達典

## 1. はじめに

近年、土木分野では人手不足の傾向にあり、維持管理作業の省力化が必要とされている。その1つとしてモバイルマッピングシステム（以下：MMS）での点検が注目されている。しかしMMSにて取得された点群から損傷部を探す作業が手動では省力化の効果は小さい。水口ら<sup>1)</sup>はトンネル走行型計測車両を用いてトンネル壁面の3次元点群データを計測し推移出来高断面とレーザ計測結果との差分によるコンター図を作成している。作成されたコンター図より5mmの段差が把握可能であることが明らかにされている。一方で、コンター図から段差を自動検知する手法は提案されていない。

そこで、本研究では飛行時間差（以下：TOF）方式と位相差（以下：PS）方式のスキャナをそれぞれ搭載したMMSを用いてコンクリートの損傷を模したターゲット板を計測し、取得した点群よりコンター図を作成、輪郭抽出手法を用いて損傷部を自動検知し、ターゲット板の層厚を計算する。また、その際の検知精度、層厚算出精度の比較を行う。

## 2. 実験方法

### (1) 実験概要

実験は日本大学理工学部船橋キャンパス内交通総合試験路にて実施した。計測にはTOF方式、PS方式でそれぞれ1台の車両を使用し計測している。各車の計測性能は表-1に示す。また、ターゲット板はプラスチック段ボールを土台として、その上に厚さが1mmから5mmのプラスチック板を設置している。設置形状は図-1に示す通りであり、中央部はコンクリートのはく離を想定し周囲より凹んでいる。これらのターゲット板を図-2のように地面に設置し計測した。設置位置は高速道路の路肩部を想定し車両通行部の中心

から4.75m離れた場所とした。計測は車線規制を実施して点検することを想定し走行速度20km/hで行い、1往復分計測を実施した。

表-1 車両の計測性能<sup>2)3)</sup>

|        | TOF方式スキャナ搭載車両  | PS方式スキャナ搭載車両  |
|--------|--|---|
| スキャナ台数 | 2台   | 1台  |
| 計測レート  | 1,000,000点/秒<br>(スキャナ1台あたり)  | 1,016,000点/秒  |
| 計測精度   | 5mm  | 0.5mm(計測距離10mの場合)   |
| 計測車両   |  |  |

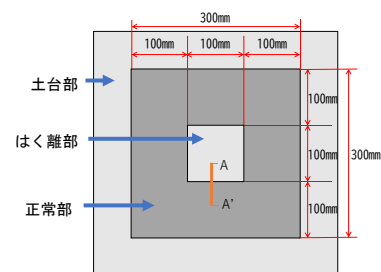


図-1 ターゲット板形状

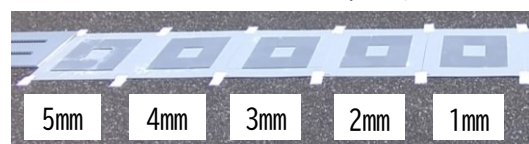


図-2 ターゲット板設置状況

### (2) 分析方法

点群データよりコンター図を作成し輪郭抽出手法を用いて損傷部を検知し、損傷部の層厚を算出するプログラムをPythonにて作成した。計測した点群データはターゲット板の部分のみを手動で抽出した。プログラムではヘルマート変換にて路面の縦横断勾配を補正しその後コンター図へと変換している。そしてコンター図より輪郭抽出手法を用いて損傷を検知する。また、検知した範囲とその他の領域との標高差を算出することで層厚を求めている。プログラムでの分析後に分析結果をまとめ、検出精度の比較を行う。

キーワード MMS, レーザスキャナ, 飛行時間差方式, 位相差方式, 機械処理, 自動検知

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科 空間情報研究室 TEL 047-469-8147

3. 分析結果

分析に使用した点群とコンター図を図-3と図-4に示す。コンター図内の赤枠は正常部と剥離部の検出結果である。また、青文字で示している数値は検出した正常部または剥離部と土台部の高低差である。

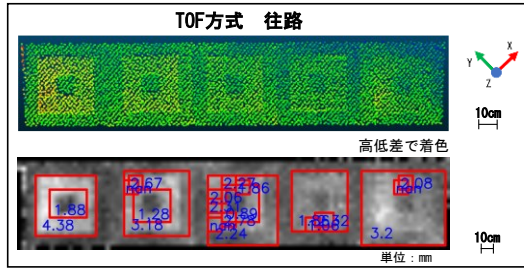


図-3 TOF方式・往路の分析結果

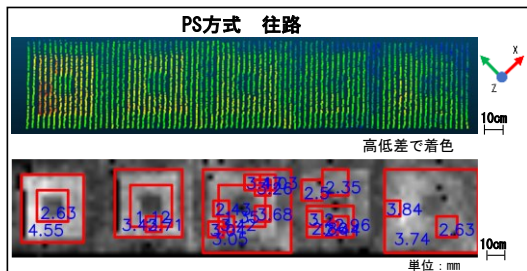


図-4 PS方式・往路の分析結果

分析結果から各ターゲット板における検知の有無と誤検知件数をまとめたものが表-2である。誤検知はターゲット板のない場所を検知しているものと、同じターゲット板を複数回検知したものである。1mm, 2mmのターゲット板についてはTOF方式, PS方式のどちらでも検知できていない。誤検知数にも差があまり見られないことがわかる。

表-2 ターゲット板検知結果

| 計測パターン | 5mm | 4mm | 3mm | 2mm | 1mm | 誤検知 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TOF_往路 | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | 12  |
| TOF_復路 | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | 19  |
| PS_往路  | ○   | ○   | ○   | ×   | ×   | 16  |
| PS_復路  | ○   | ○   | ×   | ×   | ×   | 16  |

プログラムによる層厚算出結果をまとめたものが表-3である。検知したすべてのターゲット板にて実際のターゲット板の層厚よりも小さく算出されている。

表-3 層厚算出結果

| 計測パターン | 5mm | 4mm | 3mm | 2mm | 1mm | 凡例      |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| TOF_往路 | 2.5 | 1.9 | 1.4 | ×   | ×   | 実際より小さい |
| TOF_復路 | 3.0 | 2.2 | ×   | ×   | ×   | 実際より大きい |
| PS_往路  | 1.9 | 2.3 | 1.7 | ×   | ×   | 検知なし    |
| PS_復路  | 3.1 | 2.4 | ×   | ×   | ×   |         |

単位：mm

それぞれのターゲット板の参照値と層厚算出結果の較差をまとめたものが表-4である。ほとんどのターゲット板が較差1.5mm以上である。また、計測較差は計測方式による違いは見られない。

表-4 層厚算出較差

| 計測パターン | 5mm | 4mm | 3mm | 2mm | 1mm | 平均  | 凡例                 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|
| TOF_往路 | 2.5 | 2.1 | 1.7 | ×   | ×   | 2.1 | 1.5mm未満            |
| TOF_復路 | 2.0 | 1.8 | ×   | ×   | ×   | 1.9 | 1.5mm以上<br>2.5mm未満 |
| PS_往路  | 3.1 | 1.7 | 1.3 | ×   | ×   | 2.0 | 2.5mm以上            |
| PS_復路  | 1.9 | 1.6 | ×   | ×   | ×   | 1.8 | 検知なし               |

単位：mm

今回使用したスキャナの計測精度には10倍の差がある。図-5は計測した点群データの断面図であるが、TOF方式のほうが高さ方向のばらつきが大きい。検出精度、計測精度に差がなかったのは画像化する際にグリッド化しているためばらつきが平滑化されることが原因だと考えられる。

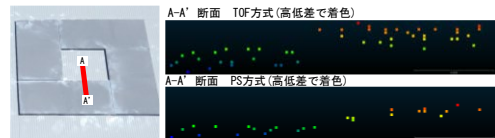


図-5 計測結果断面図

4. まとめ

研究の結果、TOF方式, PS方式のどちらの方式においても4mm以上の層厚のターゲット板を検知することができることがわかった。また、層厚算出結果としてはどのパターンでも参照値よりも小さい結果となった。較差ではほとんどが1.5mm以上であった。誤検知数は往復での差異はあるが、計測方式による違いは見られない。また、層厚の算出較差も計測方式による差が見られない。計測精度の差が検出精度・算出精度に影響しなかったのは画像化する過程で平滑化されていることが原因だと考えられる。今後は地面だけでなく、トンネル壁面の損傷等を想定したターゲット板の形状や位置、さらにはその検出ロジックについて研究を行う予定である。

参考文献

- 1) 水口尚司, 大西有三, 西山哲, 西川啓一, 下澤正道, 石村勝伸: 道路トンネルにおける画像およびレーザデータを用いたマネジメント手法の研究, 土木学会論文集 F2, Vol.71, No.1, pp.20-30, 2015.
- 2) 株式会社ニコン・トリンブル: Trimble MX9 カタログ, <[https://www.nikon-trimble.co.jp/pdf/field/01\\_01\\_geospatial/trimble\\_mx9\\_e.pdf](https://www.nikon-trimble.co.jp/pdf/field/01_01_geospatial/trimble_mx9_e.pdf)>, (入手日付: 2022.01.12).
- 3) Geo3D: Z\_F\_Profiler\_9012 データシート, <[http://www.geo3d.hr/sites/default/files/2018-06/Z\\_F\\_PROFILER\\_9012\\_Datasheet\\_E\\_final\\_compr.pdf](http://www.geo3d.hr/sites/default/files/2018-06/Z_F_PROFILER_9012_Datasheet_E_final_compr.pdf)>, (入手日付: 2022.01.12).