

F1-13

位相差方式レーザスキャナを搭載した MMS による測位衛星電波遮蔽環境を想定した層厚検出実験における走行速度が検出精度に及ぼす影響の分析

A Basic Study on Detection Precision of Layer Thickness by the MMS Equipped with Phase Difference Type Laser Scanner in Shielding Satellite Waves for a Global Navigation Satellite System

○藤村大輔¹, 笹野拓海¹, 岡本直樹², 山口裕哉², 白石宗一郎², 岩上弘明³, 佐田達典⁴, 江守央⁴
*Daisuke Fujimura¹, Yuuya Yamaguti², Souichirou Shiraishi², Hiroaki Iwakami³, Tatsunori Sada⁴, Hisashi Emori⁴

Abstract: Mobile Mapping System (MMS) is currently used as an efficient inspection method for civil engineering structures. In this study, measurements by MMS equipped with a phase-contrast (PS) laser scanner, which has been increasingly used in MMS in recent years, were conducted at speeds of 20 km/h, 40 km/h, 60 km/h and 80 km/h to compare the accuracy of layer thickness detection. As a result, the RMS error in the calibration without satellite correction is not much different from that with satellite correction, indicating that good detection accuracy can be maintained regardless of travel speed even in an environment shielded by satellite signals.

1. はじめに

走行しながら道路周辺の地形や地物の3次元位置情報を計測するシステムである MMS (Mobile Mapping System) は今後、トンネル等の土木構造物における点検への活用が検討されている。実際のトンネル等における点検においては、測位衛星電波が遮蔽された環境で計測する場合もある。その測位衛星電波遮蔽環境では、IMU のみによる自己位置推定となるため、計測精度は劣化する。

そこで本研究では、測位衛星電波遮蔽環境であるトンネル点検におけるうきの検出を想定し、PS 方式 MMS の計測を 20km/h, 40km/h, 60km/h, 80km/h の速度別で実施し計測精度を比較した。

2. 実験概要

PS 方式の MMS において測位衛星電波遮蔽環境における走行速度が層厚検出精度に及ぼす影響を把握するために、PS 方式の MMS である Fagerman Technologies 社製 ScanlookZ で走行速度を変えて複数のターゲットを計測する実験を行った。計測した後、データ処理により測位衛星補正有のデータと測位衛星補正無しのデータに分けて、層厚検出精度を比較した。ScanlookZ の計測精度は基準点により補正した場合は 0.3mm, 基準点による補正無しの場合は 2mm である。計測精度は 0.5mm である^[1]。

実験は 2019 年 9 月 30 日に PS 方式のレーザスキャナを搭載した MMS による計測実験を日本大学理工学部船橋キャンパス総合交通試験路にて行った。ターゲットの寸法は、直径は 100mm, 厚みは 0.5mm, 1~10mm (ターゲット ID は S1-1~S3-4 とする) であ

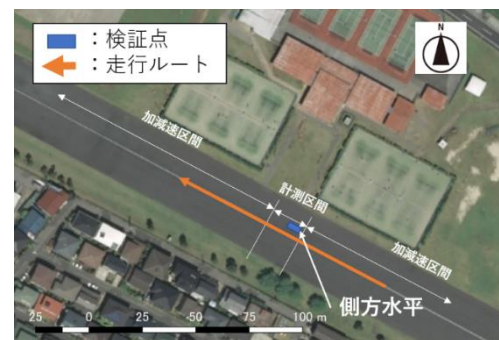


Figure 1. Measurement course

る。これらのターゲットを路面に直接設置した。設置箇所は道路構造令第5条4項^[2]より最も広い幅員 (3400mm) を想定し、車線端の状況を想定し、車線より 1750mm 側方に設置した。本研究ではこの設置箇所を側方水平とする。計測開始前に 10 分程スタート地点に停止し、車載している GNSS アンテナ・慣性計測装置より車両の位置を求めた後計測を行った。走行ルート Figure 1 に示した実験箇所において、南東方向から北西方向に向けて走行した。加減速区間にて設定速度まで加速し、計測区間にてターゲットの計測を行い、加減速区間にて停止した。

本研究では走行速度を 20km/h, 40km/h, 60km/h, 80km/h で走行し、周波数は 200Hz, 発射数は 1,000,000 点/秒とした。20km/h と 40km/h 走行で 2 往復、60km/h と 80km/h 走行で 4 往復計測を行ったが、本研究ではそれぞれ最初に計測した往路の各 1 回分を解析した。

3. 解析方法

車両上部に搭載されたレーザスキャナで計測した結果を軌跡解析ソフト POSpac を使用してデータ処理を

1 : 日大理工・院 (前)・交通 2 : 朝日航洋株式会社 3 : 株式会社ニコン・トリンプル 4 : 日大理工・教員・交通

行った。Figure 2 に示したデータ処理のフロー図のように、MMS により計測したデータから、測位衛星電波と IMU による補正データと、IMU のみによる補正データに分ける。これにより測位衛星電波遮蔽環境時に計測した状況と同様の計測データを模擬的に作成する。

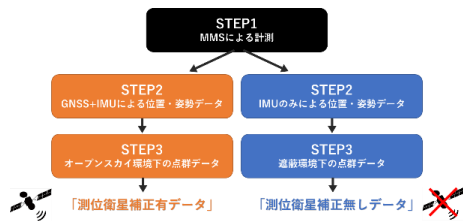


Figure 2. Analysis Flow

そしてデータ処理により生成された測位衛星補正有の点群データと測位衛星補正無しの点群データから、点群処理ソフト RiSCAN PRO を使用して検証点をそれぞれ手動で抽出した。解析方法はターゲット部と取付部に照射された点群から Z 座標の平均値を算出し、ターゲット部から取付部の Z 座標の平均値を引いた値を層厚とした。ターゲットの層厚はまず抽出した点群の 3 次元点群データより、検証点部分の点群を抽出した。次に検証点の中からターゲット部と取付部に分けて抽出を行う。ターゲット部と取付部との境界線では、ターゲット部側面に照射された点群が乱れるため、ターゲット部は取付部との境界線より 10mm 内側の部分とする。また取付部はターゲット部を中心として、200mm の正方形の範囲から、ターゲット部の境界線より 10mm 外側の部分とする。厚み算出はターゲット部に照射された点群の Z 座標の平均値から取付部に照射された点群の Z 座標の平均値を引いた差を層厚とする。

4. 相対精度の計測結果

PS 方式の MMS において測位衛星電波遮蔽環境における走行速度が層厚検出精度に及ぼす影響を把握するために、各ターゲットの層厚を測位衛星補正有と無しにより比較した。Figure 3 に走行速度別に比較した層厚算出結果を示す。ここでの較差とは、算出された層厚から各ターゲットの実寸法を引いた値とする。Figure 3 より測位衛星補正有と無しでは大きな差はみられない。他の走行速度においても同様の傾向であった。Figure 4 に層厚の較差の RMS 誤差を示す。Figure 4 より走行速度に拘らず、測位衛星補正無しにおいても良好な計測精度であることが示された。この要因として、Table 1 に示すように計測時、ターゲット部を計

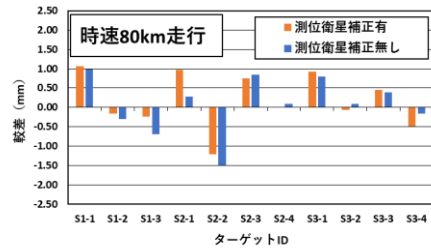


Figure 3. Results of Layer Thickness Calculation for 80km/h

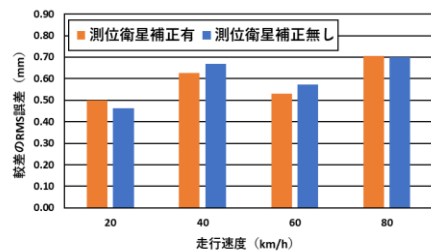


Figure 4. RMS error calculation results

Table 1. Target ID S1-1 to S1-3 irradiation time

走行速度(km/h)	ターゲットID	計測時間(秒)
20	S1-1~S1-3	0.21
40	S1-1~S1-3	0.10
60	S1-1~S1-3	0.06
80	S1-1~S1-3	0.05

測した時間が極めて短いことから、IMU が持つ累積誤差の影響を受けなかったことが考えられる。

5. おわりに

本研究では PS 方式の MMS において測位衛星電波遮蔽環境における走行速度が層厚検出精度に及ぼす影響を把握した。結果として、測位衛星補正無しにおいても、算出された層厚から実寸法を引いた較差の RMS 誤差は測位衛星補正有と比べて大きな差は無いことが示された。つまり、トンネル等の測位衛星電波遮蔽環境においても走行速度によらず良好な検出精度を維持できることが示された。

6. 参考文献

[1] Zoller +Fröhlich GmbH : Datasheet Z+F PROFILER 9012 , <https://www.zflaser.com/fileadmin/editor/Datenblaetter/Z_F_PROFILER_9012_Datasheet_E_final_compr.pdf>, (入手 2020.10.1).
 [2] 総務省 : 行政手続のオンライン利用の推進, <<https://www.e-gov.go.jp/doc/facilitate/index.html>>, (入手 2020.10.1).