

## (10) MMS の走行速度と計測精度との 関係に関する基礎的研究

藤村 大輔<sup>1</sup>・山口 裕哉<sup>2</sup>・白石 宗一郎<sup>3</sup>・岩上 弘明<sup>4</sup>・佐田 達典<sup>5</sup>・江守 央<sup>6</sup>

<sup>1</sup>学生会員 日本大学大学院 理工学研究科交通システム工学専攻  
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)  
E-mail: csda19015@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 朝日航洋株式会社 (〒350-1165 埼玉県川越市南台 3-14-4)  
E-mail: yuuya-yamaguchi@aeroasahi.co.jp

<sup>3</sup>非会員 朝日航洋株式会社 (〒350-1165 埼玉県川越市南台 3-14-4)  
E-mail: souchirou-shiraishi@aeroasahi.co.jp

<sup>4</sup>正会員 株式会社ニコン・トリンプル (〒144-0035 東京都大田区南蒲田 2-16-2)  
E-mail: iwakami.hiroaki@nikon-trimble.net

<sup>5</sup>正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科  
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)  
E-mail: sada.tatsunori@nihon-u.ac.jp

<sup>6</sup>正会員 日本大学准教授 理工学部交通システム工学科  
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)  
E-mail: emori.hisashi@nihon-u.ac.jp

近年、MMS (Mobile Mapping System) は、道路台帳の作成や基盤地図の整備に活用されている。今後は構造物の点検での活用が期待されていることから、従来より高精度な計測データが求められている。既存研究では、MMS の計測精度の基礎的な検証はされているが、MMS の走行速度と計測精度に関する研究は十分になされていない。本研究では MMS の走行速度の違いによる計測精度への影響について基礎的な実験による検証を行った。走行速度 30km/h と 60km/h で比較した結果、絶対精度では 30km/h 走行の方が 60km/h 走行よりも RMS 誤差で 0.023m 小さく、正確度が高いことが示された。

**Key Words:** MMS, measurement precision, driving speed

### 1. はじめに

平成 26 年 3 月道路法施工規則が改訂され、点検は近接目視により 5 年に 1 回の頻度で行うことを基本とすることが義務付けられた<sup>1)</sup>。また、地方公共団体では技術者の担い手不足が深刻化しており、従来より効率的な土木構造物の点検手法が求められている。そこで現在、移動しながら道路周辺の地形物の計測が可能である MMS の活用が検討されている。点検業務では高精度な 3 次元点群データが求められる。しかしながら、衛星配置やレーザスキャナの性能など MMS の計測精度に影響を及ぼす要因は複数存在する。その中でも今回は走行速

度と計測精度との関係に着目する。

MMS の計測精度に関する基礎的研究として、岡本ら<sup>2)</sup>は MMS の標定点用のターゲット板サイズをレーザスキャナの角度分解能と走行速度との関係から検討している。また間野ら<sup>3)</sup>は MMS により取得される点群の精度評価をしている。この研究では点群の精度を走行速度別に比較している。しかし市街地での実験であるため、低速域での比較であり、高速域では比較されていない。このように MMS の計測精度に関する研究はあるが、MMS の走行速度と計測精度に関する研究は十分になされていない。本研究では MMS の走行速度の違いによる計測精度への影響について基礎的な実験による検証を行った。

## 2. MMS の概要

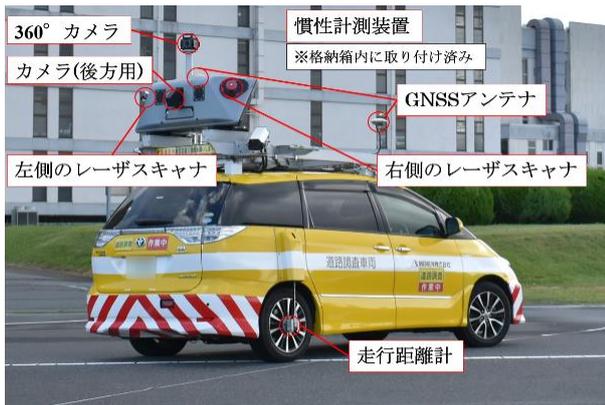


図-1 Trimble MX8 外観

表-1 システム仕様 (Trimble MX8)

GPS/IMU	
位置精度	水平 0.02m、高度 0.05m (GNSS信号連続受信時) 水平 0.10m、高度 0.07m (GNSS信号非受信時が1分間、1km継続時)
姿勢精度	ピッチ、ロール角 0.005° ヘディング角 0.015°
レーザスキャナ性能	
計測レート、計測角度	最大 1,100,000点/秒 (1台あたり 550,000点/秒)、計測角度360°
計測距離	計測レート 150kHz 時: 300m(反射率 10%)、800m(反射率 80%)
	計測レート 200kHz 時: 260m(反射率 10%)、700m(反射率 80%)
	計測レート 300kHz 時: 200m(反射率 10%)、450m(反射率 80%)
	計測レート 380kHz 時: 180m(反射率 10%)、330m(反射率 80%)
計測精度	計測レート 550kHz 時: 140m(反射率 10%)、220m(反射率 80%)
	レーザ測距精度 5mm、測距精度 8mm

※ 精度仕様は全てRMS値

本研究で使用する MMS は図-1 に示す Trimble MX8 (以下: MX8) である。MX8 のシステム仕様を表-1 に示す。本実験で使用した MX8 には RIEGL 社製 VQ-450 が上部に 2 台搭載されている。MX8 におけるレーザ測距精度は 5mm、測距精度 8mm である。ここでレーザ測距精度とは、複数回計測した場合の再現性のことであり、標準偏差で表す。レーザ測距精度とは正確度 (測定値と参照値との近さを示すもの) であり、RMS 誤差で表す。計測レートは最大 1,100,000 点/秒 (1 台あたり 550,000 点/秒) である。

## 3. 計測精度に関する実証実験

### (1) 実験方法

走行速度の違いと計測精度との関係を検証するため、MX8 の走行速度を変化させて複数のターゲットを計測する実験を行った。計測したデータより照射点密度、相対精度、絶対精度の 3 項目を比較した。実験は 2018 年 7 月 29 日に日本大学理工学部船橋キャンパス交通総合試験路にて行った。

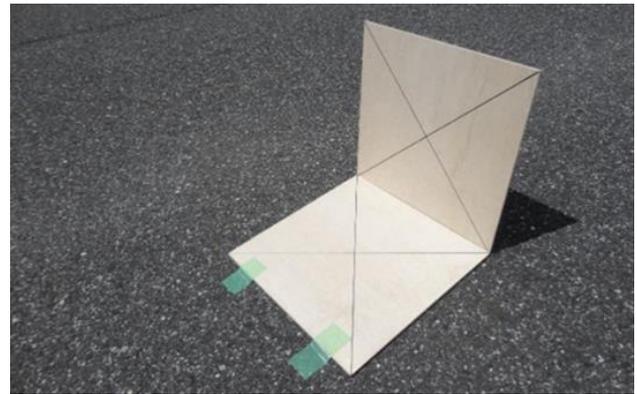


図-2 ターゲット外観

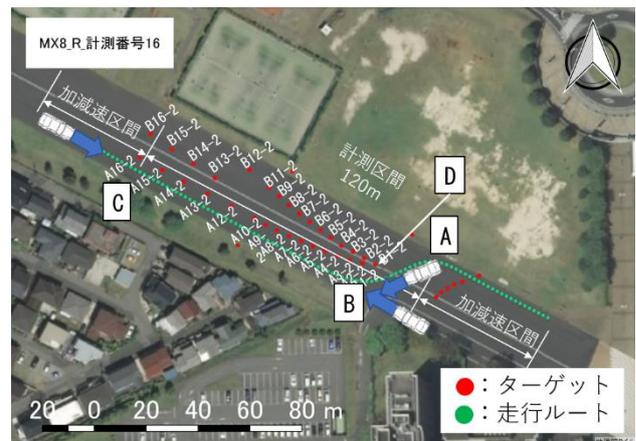


図-3 実験箇所 (国土地理院地図より作成)

検証点として用いたターゲットは、400mm 角のベニヤ板を 2 枚組み合わせで作成した (図-2)。表面に対角線を 2 本引き、中心を示した (図-2)。

実験箇所を図-3 に示す。ターゲットの設置方法は、D 地点 (図-3) に TS を設置してターゲットの中心座標を求め、D 地点から見たときに重ならないように少しずつずらして設置した。設置間隔は、ターゲット設置開始地点 (図-3 の A1-2, B1-2) からターゲット設置中間地点 (図-3 の A11-2, B11-2) までは 5m 間隔で設置した。ターゲット設置中間地点 (図-3 の A11-2, B11-2) からターゲット設置終了地点 (図-3 の A16-2, B16-2) までは 10m 間隔で設置した。

走行方法は、加減速区間にて設定速度まで加速して 120m 区間の計測を行い、その後反転してもう一度設定速度まで加速して復路の計測を行った。走行速度は 30km/h と 60km/h で計測した。計測開始前に 10 分程度スタート地点に停止し、車載している GNSS 装置より車両の位置を求めた後計測を行った。

進行方向は図-3 の A から B まで進んだ場合を A→B 方向、ターゲット番号が昇順になるように B から C まで進んだ場合を B→C 方向、ターゲット番号が降順になるよ

うに C から B まで進んだ場合を C→B 方向とした。

## (2) 解析方法

ターゲットに照射された点群は、右側のレーザスキャナ (図-1) で計測した結果を点群処理ソフト RiSCAN PRO を使用して手動で抽出した。往路 (A→B 方向, B→C 方向) では右側のレーザスキャナ (図-1) にて進行方向に対して右側に設置されているターゲット (図-3 の B1-2~B16-2) を、復路 (C→B 方向) では右側のレーザスキャナ (図-1) にて進行方向に対して左側に設置されているターゲット (図-3 の B1-2~B16-2) を抽出した。

照射点密度はターゲットに照射された点群数を算出した後、ターゲットの面積で除して 1m<sup>2</sup>あたりの照射点数を算出して評価した。

相対精度はターゲットの横幅、高さで評価した。抽出したターゲット板に照射された点群の中から X 座標が最大となる点と X 座標が最小となる点の平面距離を抽出し算出したものと、Y 座標が最大となる点と Y 座標が最小となる点を抽出し平面距離を算出したものとを比較して、大きい方を採用値として実寸法と比較した。高さは抽出したターゲット板に照射された点群の 3 次元座標から Z 軸座標の最大値と最小値の差を高さとして算出し実寸法と比較した。

絶対精度は MMS で計測したターゲットの中心座標と TS で計測したターゲットの中心座標との 3 次元較差で評価した。TS は Trimble S6 を使用した。ソフトウェアは Trimble Business Center を使用して解析した。事前に交通総合試験路に設置した座標点を基準点として、図-3 の D 地点に TS を設置してターゲットを測量した。MMS で計測したターゲットの中心座標は、ターゲットに照射された全点群の X 軸座標平均、Y 軸座標平均、Z 軸座標平均より点群座標の平均値を算出した。

解析は路面に対して垂直なターゲットを対象とした。計測した点群データを目視で判断して路面に対して垂直なターゲットの点群データを抽出した。走行速度別での比較を行うため、進行方向や発射数、周波数などの各種条件を統一し、走行速度のみを変えて検証した。

## 4. 解析結果

### (1) 照射点密度

走行速度の違いによる精度検証を行うため、照射距離と解析値の関係を速度別で比較した。MX8 で計測したデータより、進行方向は B→C 方向、発射数は 300,000 点/秒、周波数は 100Hz、走行速度は 30km/h と 60km/h で計測したデータを比較した。進行方向に対して一番手前側に設置したターゲット (図-3 のターゲット ID B1-2) と一番

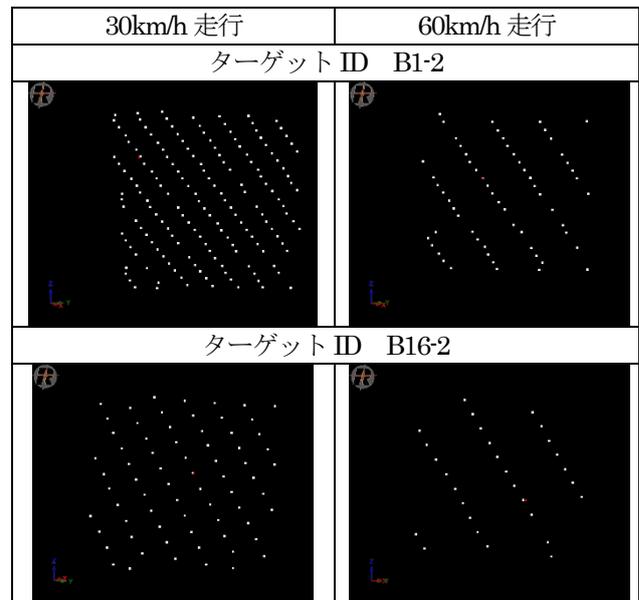


図-4 走行速度別で比較したターゲット照射画像

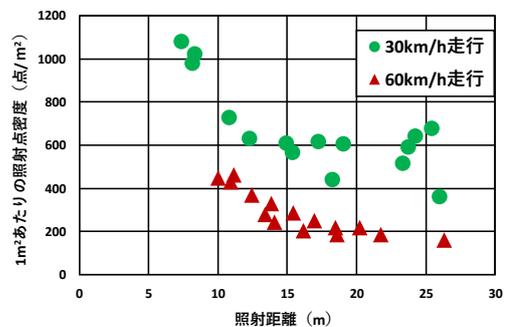


図-5 速度別で比較した照射点密度

奥側に設置したターゲット (図-3 のターゲット ID B16-2) の走行速度別のターゲットの照射画像を図-4 に示す。図-4 より 30km/h 走行の方がターゲット全面に照射されている。1m<sup>2</sup>あたりの照射点数と照射距離との関係を図-5 のグラフに示す。図-5 より照射距離が 15km~20km 地点では、30km/h 走行の方が 60km/h 走行より照射密度が約 2 倍である。

### (2) 相対精度

走行速度の違いによる精度検証を行うため、照射距離と解析値の関係を速度別で比較した。ターゲット幅 (横幅) の解析値についてのグラフを図-6 に、ターゲット幅 (高さ) の解析値についてのグラフを図-7 に示す。また速度別で比較したターゲット幅 (横幅) の解析値のデータ数、最大値、最小値、平均値、RMS 誤差についての表を表-2 に、ターゲット幅 (高さ) においては表-3 に示す。図-6、図-7 よりどちらのパターンとも実寸法に近いが、一部でばらつきがみられる。表-2 より 30km/h 走行と 60km/h 走行は平均値はほぼ同じである。RMS 誤差

もほぼ同じである。高さは表-3 より 30km/h 走行の平均値が実寸法と同じ値となり、RMS 誤差も 60km/h より小さく、正確度が高い。まとめると、30km/h 走行の方が 60km/h より正確度が高い。

### (3) 絶対精度

走行速度の違いによる精度検証を行うため、照射距離と解析値の関係を速度別で比較した。MMS で計測した点群座標の解析値と TS で計測したターゲットの中心座標との 3 次元較差を速度別で比較したグラフを図-8 に示す。また MMS で計測した点群座標の解析値と TS で計測したターゲットの中心座標との 3 次元較差を速度別で比較した際のデータ数、最大値、最小値、平均値、RMS 誤差についての表を表-4 に示す。図-8 より 30km/h 走行は 60km/h 走行のときに比べ較差が小さい。表-4 より 30km/h 走行は 60km/h 走行に比べ平均値が 0.023m 小さい。RMS 誤差においても 30km/h 走行は 60km/h 走行に比べ 0.023m 小さい。絶対精度では 30km/h 走行の方が正確度が高い。

## 5. おわりに

本研究では、走行速度の違いと計測精度との関係を検証するため MMS を走行速度を変えて走行させて計測した。相対精度をターゲットの横幅で比較した場合、平均値と RMS 誤差はほぼ同じである。高さでは 30km/h 走行の方が 60km/h 走行に比べ RMS 誤差小さく正確度が高い。絶対精度では 30km/h 速度の方が RMS 誤差が 0.023m 小さく正確度が高い。30km/h 走行の方が 60km/h 走行に比べ照射点密度が高く、RMS 誤差が小さいことから正確度が高い。

今後は、進行方向や発射数などの各種条件を変えて速度別での比較をより詳細に進めていく。

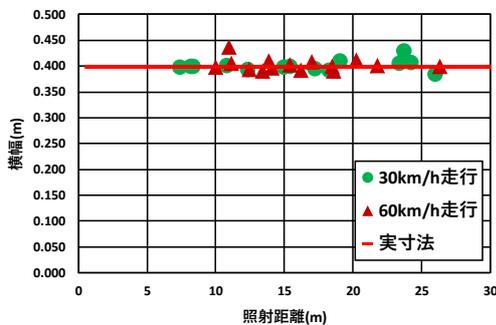


図-6 速度別で比較した相対精度（横幅）

表-2 速度別で比較した相対精度の統計値（横幅）

走行速度 (km/h)	データ数	最大値(m)	最小値(m)	平均値 (m)	RMS誤差 (m)
30	15	0.430	0.386	0.402	0.010
60	15	0.437	0.391	0.403	0.012

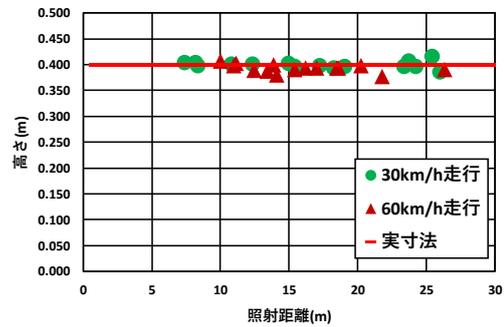


図-7 速度別で比較した相対精度（高さ）

表-3 速度別で比較した相対精度の統計値（高さ）

走行速度 (km/h)	データ数	最大値(m)	最小値(m)	平均値 (m)	RMS誤差 (m)
30	15	0.417	0.386	0.400	0.007
60	15	0.407	0.377	0.393	0.010

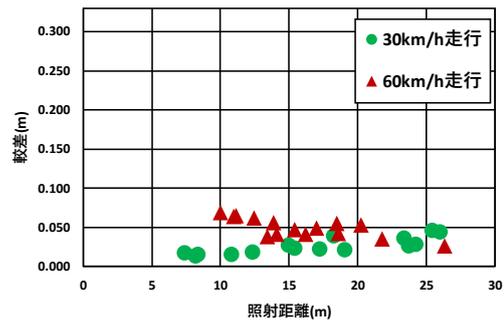


図-8 速度別に比較した絶対精度

表-4 速度別に比較した絶対精度の統計値

走行速度 (km/h)	データ数	最大値(m)	最小値(m)	平均値 (m)	RMS誤差 (m)
30	15	0.046	0.014	0.026	0.028
60	15	0.069	0.026	0.049	0.051

## 参考文献

- 1) 国土交通省：「定期点検要領」の策定について、  
<[https://www.mlit.go.jp/report/press/road01\\_hh\\_000429.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000429.html)>（入手：2019.1.15）。
- 2) 岡本直樹，佐田達典，江守央：モバイルマッピングシステムの走行速度の違いによる標定点を用いた補正効果の検証，土木情報学シンポジウム講演集，Vol.41，pp.35-38，2016。
- 3) 間野耕司，石井一徳，平尾公孝，橘菊生：移動計測車両測量システム（MMS）により取得される点群の精度評価，写真とリモートセンシング，VOL. 51，NO. 4，pp.186-200，2012。