

# モバイルマッピングシステム(MMS)による レーザ計測性能評価

島 嘉宏\*  
富樫健司\*  
千葉洋平\*

Performance Evaluation of Laser Measurements by Mobile Mapping System

Yoshihiro Shima, Kenji Togashi, Yohei Chiba

## 要 旨

MMS (Mobile Mapping System) は、車両にGPS (Global Positioning System) 他各種センサを搭載して、走行しながら周囲の三次元計測を行うシステムである。道路周辺の地物計測が容易に行えることから、道路周辺の地図作成などの用途で活用され、測量規定案にも記載されている。

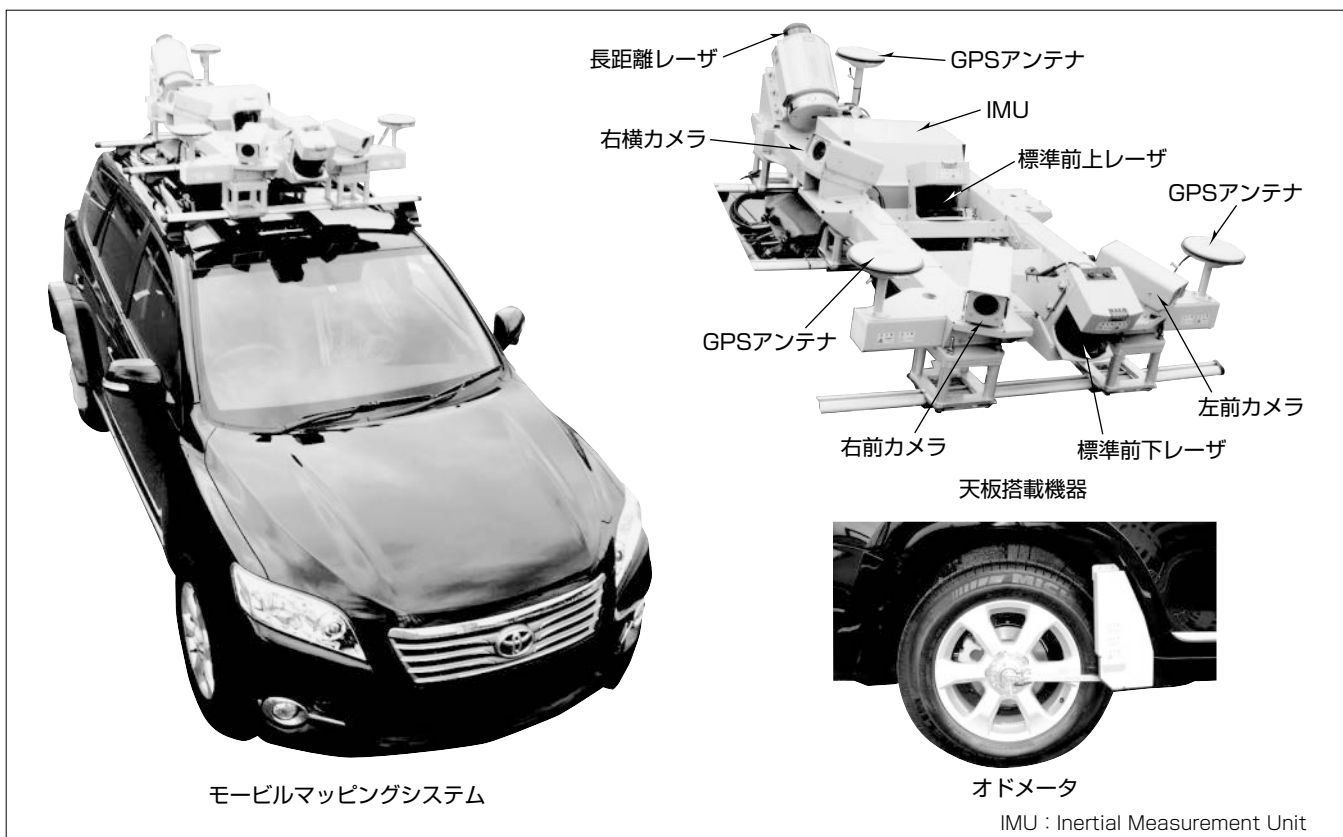
MMSの普及に伴い、様々な環境でのデータ収集が行われることで、その活用用途も広がりを見せ、従来の道路周辺部に限らず、より広範囲に、より詳細に計測したいという需要が生まれてきた。特に、国内の道路や鉄道などの交通インフラは構築から半世紀を迎え、維持管理と補修のための現状計測が急務となったことに対し、移動しながら周

囲の三次元形状を詳細に計測できるMMSの適用が望まれている。

三菱電機では、このような新たな計測ニーズに対応するため、従来の標準レーザスキャナに加えて、長距離レーザスキャナを搭載したMMSを、新しくラインアップに加えた。また、トンネルの壁面や路面性状を高精度に計測するための高精度レーザスキャナを搭載した計測車両を開発し、現在はMMSのオプションとして高精度レーザスキャナを選択可能とした。

本稿では、これらの高性能なレーザスキャナを搭載したMMSで得られる三次元データの精度を評価検証した結果について述べる。

特集  
II



## 三菱モバイルマッピングシステム“MMS-X320R”

GPS、IMU、レーザスキャナ、カメラなどの機器を車両に搭載し、走行しながら周囲の三次元位置情報を高精度で効率的に取得できる三菱モバイルマッピングシステム (MMS) は、公共測量を始め、インフラ維持・管理などの広い分野で活用されている。MMS-X320Rでは、さらに長距離レーザスキャナを搭載することでより高く、遠くまで計測が可能となった。

## 1. ま え が き

MMSは、車両で走行するだけで、周囲の三次元計測を行えるため、道路封鎖や交通規制で交通を妨げることなしに、安全に効率良く、道路周辺のデータ収集ができるというメリットがあり、全国的に道路周辺の地物計測などでの活用が始まりつつある。

さらに、MMSによる三次元計測データの活用用途については、都市景観調査や、河川堤防計測など、様々な分野での検討が始まっている<sup>(1)</sup>。

## 2. MMSの概要

### 2.1 MMSとは

MMSは、次の機能を持つユニットで構成される。

- (1) 自車両の位置・姿勢を計測する。
- (2) 車両の周囲の地物を計測する。

この(1)を実現するためのセンサとして、GPSアンテナ及び受信機、慣性航法装置、タイヤの回転数を計測するオドメータが搭載され、これらのセンサを組み合わせることで、自車両の位置・姿勢を計測している。また、(2)を実現するためのセンサとして、カメラ及び、レーザスキャナが搭載されている。

### 2.2 MMSに搭載するレーザスキャナ種別とその用途

MMSに搭載するレーザスキャナの種別と主な用途を表1に示す。

### 2.3 長距離レーザスキャナ搭載MMS

長距離レーザスキャナを搭載した当社MMSのライン

表1. レーザスキャナの種別と主な用途

レーザスキャナの種別	主な用途
標準	・道路台帳など公共測量 ・道路現況調査
長距離	・都市景観計測 ・砂防計測 ・法面計測
高精度	・トンネル計測 ・路面性状計測 ・電線・電柱計測

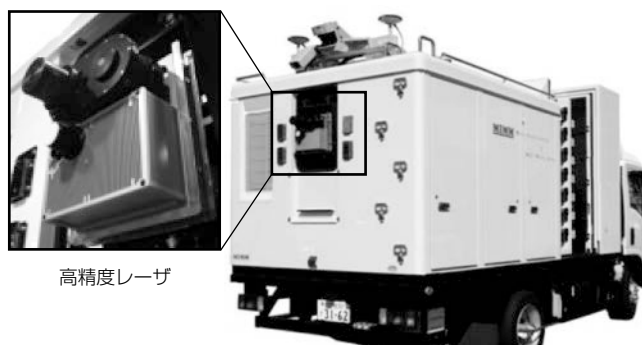


図1. MIMM 2号機

アップの一つである、“MMS-X320R”について述べる。MMS-X320Rは、標準レーザのほかに、長距離レーザスキャナを車両後方に搭載したモデルで、道路から離れた場所までレーザスキャンできるように構成している。

### 2.4 高精度レーザスキャナ搭載MMS

高精度レーザスキャナを搭載したMMSとして、“MIMM”について述べる。MIMMは、トンネル計測専用車両として計測検査(株)と当社が共同開発した車両で、MMSの機能とトンネル壁面の高精度画像を撮影するMIS (Mobile Imaging System, 計測検査(株)開発)の機能を併せ持つ車両である<sup>(2)</sup>。トンネル壁面を計測するための高精度レーザを車両後部に1台搭載しており、トンネル壁面の凹凸を精度良く計測することが可能である。図1に、MIMMの外観を示す。

## 3. レーザ計測性能評価

### 3.1 レーザスキャナの単体性能

表2に長距離、高精度、標準レーザスキャナの主な単体性能(カタログ値)を示す。

表2に示すとおり、長距離レーザでは、最長200m離れた場所が計測可能である。また、道路横断方向のレーザ点数は長距離レーザでは、1スキャン当たり3,000点となる。長距離レーザでは、1パルスで複数の距離からの反射波を計測できるので、計測対象物が植物の枝葉に隠れていても、レーザスポットの一部が透過していれば、その先の形状も計測できるという特長がある。

一方、高精度レーザは、計測精度が1mm以下であり、距離方向の高い分解能が必要な計測に向いている。レーザ点数は1スキャン当たり、約10,000点(100Hz時)となり、長距離レーザスキャナよりも更に高密度である。

また、反射信号輝度情報は標準レーザスキャナを含めすべてのレーザスキャナで取得可能である。

### 3.2 標準レーザスキャナと長距離レーザスキャナの比較

図2は、走行した車線近傍の路肩段差を標準と長距離のレーザスキャナで計測し、道路横断方向の断面でプロットしたものである。各々の点群が重ならないように、意図的

表2. レーザスキャナの単体性能

項目	レーザスキャナのタイプ			
	長距離	高精度(1)	高精度(2)	標準
視野角(度)	360	310	360	190
最長計測距離(m)(代表値)	200	79	119	65
最大パルスレート(点/秒)	30万	50万	100万	2.8万
最大スキャンレート(Hz)	100	100	200	100
距離精度(再現性)(mm)(代表値)	5	0.8	0.56	9
1パルス当たりの最大検出ターゲット数(個)	5	1	1	5
反射信号輝度情報	あり	あり	あり	あり
備考	X320R搭載	MIMM 1号機搭載	MIMM 2号機搭載	-

にずらして表示している。標準レーザスキャナによる点群は離散的であるのに対し、長距離レーザスキャナでは点群が高密度に取得されていることが分かる。段差の計測値としては、同等な値が得られている。

図3は、車線近傍の路肩段差を標準と長距離のレーザスキャナで計測し、道路縦断方向(車両進行方向)に沿った断面でプロットしたものである。図2と同様に各々の点群が重ならないようにずらして表示している。道路縦断方向のレーザ点群密度は、スキャン速度で決まり、標準レーザスキャナ、長距離レーザスキャナとも100Hzであり、両者に差はない。段差の計測値についても、同等の値が得られている。

### 3.3 長距離レーザスキャナの評価

#### 3.3.1 長距離レーザスキャナの長距離計測精度評価

MMSに搭載した長距離レーザスキャナのレーザ点群精度を評価するため、図4に示す道路から見通せる建物をターゲットとして測量を行い、MMSでの計測結果との差分比較を実施した。表3に長距離レーザ点群精度評価の条件を示す。ターゲットを計測する地点はすべてGPS衛星可視のエリアで行い、GCP(Grand Control Point)による調整計算はしないものとした。

図5は、ターゲットの計測結果から求めた標準偏差と平均較差をプロットし、それぞれ線形近似直線を引いたものである。図5から、ターゲット間距離が80m以下の範囲では、長距離レーザスキャナによる計測精度は、標準偏差、平均較差ともに0.1m以下が得られることが推定される。

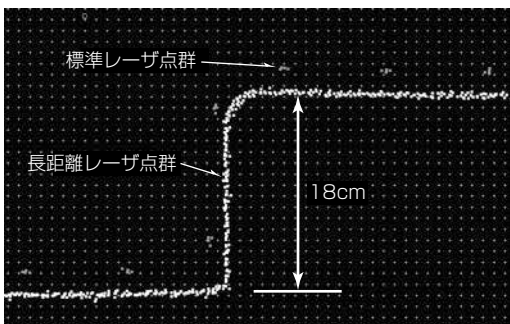


図2. 横断方向計測値の比較

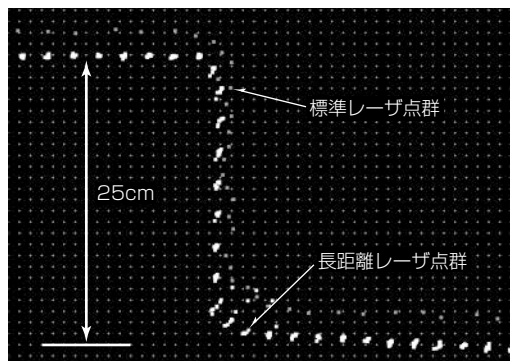


図3. 縦断方向計測値の比較

#### 3.3.2 長距離レーザスキャナを用いた計測例

図6は、長距離レーザスキャナ搭載MMSで道路周辺を計測した例である。道路から離れた高い建物までレーザスキャンできていることが分かる。

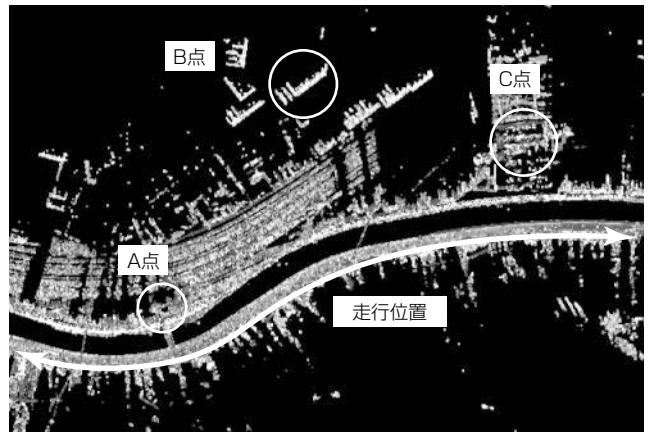


図4. 走行経路と各ターゲットとの位置関係

表3. 長距離レーザ点群精度評価条件

項目	検証条件
走行速度	30~50km/h
走行回数	26回(13往復)
路面状況	一部工事のため凸凹あり
衛星条件	衛星可視
スキャン速度	100Hz
ターゲット点までの水平距離	A点: 60m, B点: 209m, C点: 111m

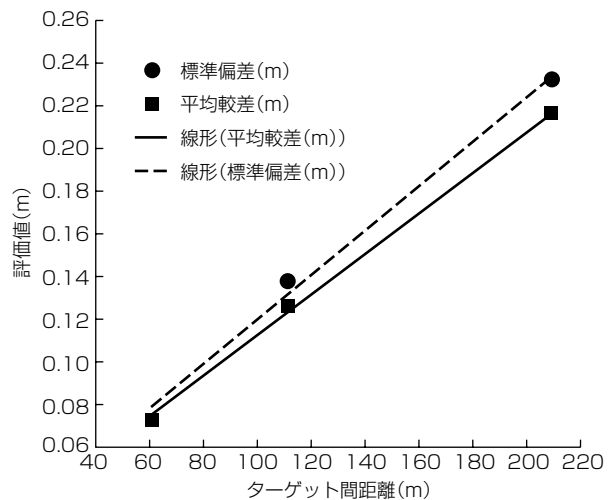
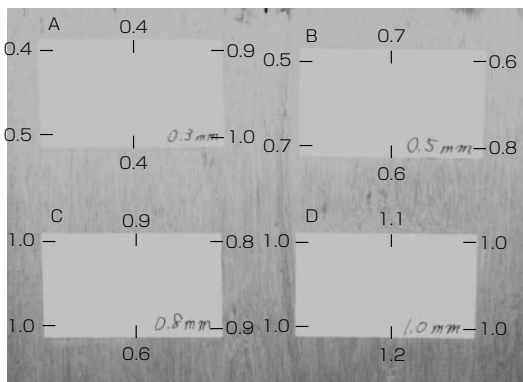


図5. 長距離レーザ点群の精度評価結果



図6. 長距離レーザ搭載MMSの計測



図中の数値はノギス計測値

図7. 薄板ターゲット板

表4. 計測精度評価結果

ターゲット	MMS計測平均値	ノギス計測平均値	差分値
A	0.647mm	0.430mm	+0.217mm
B	0.708mm	0.580mm	+0.128mm
C	0.762mm	0.850mm	-0.088mm
D	0.927mm	1.035mm	-0.108mm

### 3.4 高精度レーザの評価

#### 3.4.1 高精度レーザによる段差計測

高精度レーザが使用されるトンネルや道路性状計測での段差計測分解能を評価するため、図7に示すターゲット版を計測し、計測値とノギスで計測した計測値を比較した。

MIMM1号機と同型の高精度レーザを使用した計測結果を表4に示す。今回の実験では、高精度レーザ搭載のMMSでは、0.2mm程度の厚さが判別可能との結果を得た。別の実験によると、MIMMの高精度レーザによる段差の計測誤差は、0.2~0.5mmという結果が出ている<sup>(2)</sup>。これらから、MIMM搭載時でも高精度レーザの単体性能と同等の段差計測性能が得られていると言える。

#### 3.4.2 高精度レーザスキャナと長距離レーザスキャナの平坦性比較

図8は、高精度と長距離のレーザスキャナで約3m離れたターゲット板を計測し、1スキャンのデータをプロットしたものである。ターゲットをスキャンしたレーザ点群各100点で平坦性を計算した結果を表5に示す。今回の実験では同表に示すように、高精度レーザは長距離レーザの4倍程度、計測ばらつきが少ないという結果を得た。

#### 3.4.3 高精度レーザによるトンネル計測例

図9は、高精度レーザでトンネルを計測した三次元点群の例である。このようなトンネルの形状調査にMMSを利用するための実用化検証が進められている<sup>(3)</sup>。

## 4. むすび

MMSに対する新しいニーズに対応する技術として、長距離レーザ、及び高精度レーザを搭載した機種と、そのレーザ計測精度の評価結果を述べた。



(a) 高精度レーザ



(b) 長距離レーザ

図8. レーザ点群の1スキャンデータ比較

表5. レーザ点群の平坦性比較

	高精度レーザスキャナ	長距離レーザスキャナ
平坦性 $\sigma$	0.35mm	1.40mm

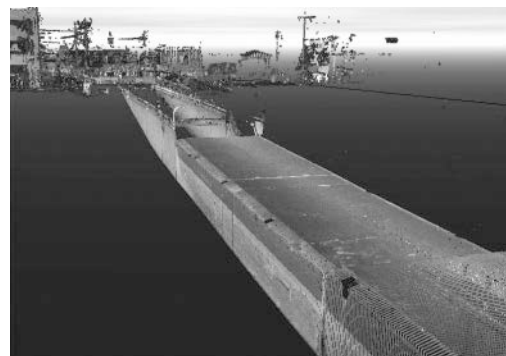


図9. トンネル計測

MMSに高精度レーザを搭載することで、これまで車両から30m程度の範囲に限られていた計測範囲が格段に広がった。一度に広範囲の地形を三次元計測できるようになるため、法面の計測や都市の景観の三次元モデル化など、新しい分野での三次元データの活用が進むことが期待される。

また、高精度レーザを搭載したMMSを、トンネルや道路などの社会インフラの現況調査に利活用することで、点検作業の効率化、点検頻度の向上による、インフラ設備の安全性向上が進むことを期待したい。

地上移動体計測は今後より一層応用範囲が広がっていくと予想される。レーザだけでなくニーズに適合した製品を開発し、社会の安全安心に貢献していく。

## 参考文献

- (1) 木元勝一, ほか: モービルマッピングシステムと各種応用例: 三菱電機技報, **84**, No.8, 458~461 (2010)
- (2) 西川啓一, ほか: MMSの最新動向, 建設の施工企画 No. 740, 58~64 (2011)
- (3) 京都大学道路トンネル健全性評価プロジェクト: 道路トンネル健全性評価技術の研究, 第6回新都市社会技術セミナー (2009)