

巻頭論文

# モバイルマッピングシステム(MMS)の最新動向



吉田 守\*



吉田光伸\*\*

The Latest Trend of Mobile Mapping System

Mamoru Yoshida, Mitsunobu Yoshida

要 旨

道路・橋梁(きょうりょう)・港湾・トンネルや上下水道といった社会インフラは経済活動でその重要性をますます増しているものの、1950~1960年代の高度成長期における建設後、半世紀がたち維持管理と補修が大きな課題となっている<sup>(1)</sup>。しかしながら対象となる設備の数も多く、効率的な維持管理を可能とする技術が注目されている。MMS(Mobile Mapping System)はこの注目技術の一つとして、社会インフラの効率的な維持管理を実現するために期待されている。

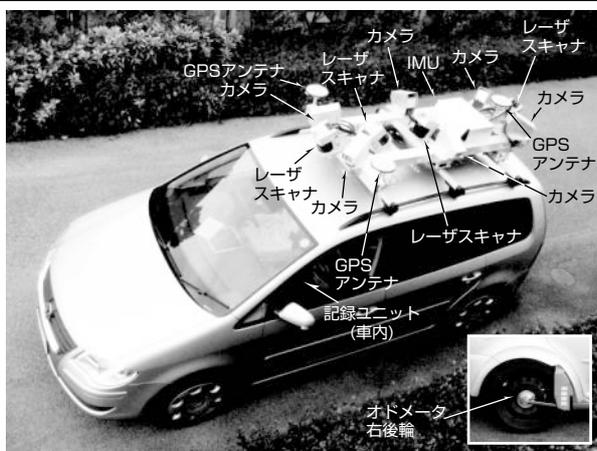
MMSとは、車両にGPS(Global Positioning System)他各種センサを搭載し、走行しながら周辺の三次元地図データを精密かつ効率的に計測するシステムである。

三菱電機では道路台帳やトンネル覆工の走行計測、河川

計測、地下計測、都市景観や広範囲の三次元化等用途に応じ、各種カスタマイズしたMMSを開発・投入している。

現在、さらに計測対象を鉄道、路面検査へ広げる検討を行っている。また宇宙を見た時、複数の衛星測位システム(マルチGNSS(Global Navigation Satellite Systems))の時代がもうすぐそこまできている。すなわちGPS、GLONASS、GALILEO、GAGAN等が測位衛星として活用できるようになる。日本も既に準天頂衛星1号機みちびきを打ち上げ、測位信号の発信を開始、続いて衛星3基が追加で打ち上げられて、4基体制でシステムが運用されることが決定している。これら衛星を有効利用する技術を早期に検討し、防災・維持管理・安全管理等のより大きな社会貢献を果たしたいと考えている。

特集 II



MMS-X640



MMS-X320R



MIMM



MMS-K

IMU : Inertial Measurement Unit

当社MMSのバリエーション

“MMS-X640”は6カメラ4レーザを搭載し、全方位計測が可能、“MMS-X320R”は長距離レーザを搭載し、200m以上の遠方計測が可能、“MIMM”は高精度レーザを搭載し、微細な形状を計測可能、“MMS-K”は改良型標準機であり、写真は全方位カメラ搭載時のものである。

## 1. ま え が き

高度成長期に建設された道路・橋梁・港湾・トンネルや上下水道といった社会インフラの維持管理が必要とされている。昨今は効率的な維持管理を可能とするための検査技術が注目されており、早期発見・早期改修の“予防保全”への取組みなどとともに、低コストで効率よく検査できる技術の開発と導入が急務とされている。

MMSはIT技術を活用して維持管理のための検査を効率よく・精度よくかつ低価格で実現しようと開発されている。各種インフラ維持管理の実例と取組みについて述べる。

## 2. MMSの概要

### 2.1 基本構成と基本機能

一般的にMMSの定義は、次の2点である。

- (1) 車にGPSなどの測位装置とカメラやレーザスキャナ等の計測装置を搭載していること。
- (2) 道路を走りながら周辺の三次元形状の取得が可能であること。

基本的な機能は、GPSアンテナ及び受信機を1～3台と慣性計測装置(IMU)及びタイヤの回転数を検出するオドメータの組合せによって車両の自己位置と姿勢を計算する。加えて、同時に搭載されているカメラやレーザスキャナによる計測データに三次元座標を付与するものである<sup>(2)(3)</sup>。

### 2.2 GPS/IMU/オドメータ複合計算

MMSではGPSで測位計算を行って位置を特定し、3つのGPSによってGPSジャイロを構成し、姿勢計算を行う。さらにIMUに加えてオドメータ(タイヤ回転計)を加えた複数のセンサの複合測位計算を行っている<sup>(2)</sup>。

GPS・IMU・オドメータ複合計算の目的は次の2つである。①GPS単独の位置計算に含まれるノイズの影響と、IMUでの位置計算に含まれる積算誤差成分の影響、及びオドメータによる距離計算に含まれるスケールファクタの誤差を相互に補完して正確に測位する。②GPSが受信できない箇所での測位。

GPSによる測位は誤差の時間的蓄積はないものの、1回の計測には誤差が含まれる。IMUデータは逆に短時間の誤差は少ないが、時間経過とともに誤差が蓄積する。さらにオドメータはタイヤの回転数から移動距離を求めるが、気温、空気圧、乗車人員等によってタイヤ1回転あたりの移動距離が変動する。当社のMMSはこれら3種の測位システムを密結合方式で融合し、一括して位置・姿勢計算を行っている。これによってGPSによる測位を有効に利用することが可能となり、基準点による座標確定を必要とせず、直接的に座標を得ることが可能になっている。

### 2.3 使いやすさの追求

当社のMMSは専門知識がなくても操作できるという基

本コンセプトの基で設計している。車両の操作も後処理を行うソフトウェアも誰でも使用できるように考慮している。特に後処理ソフトウェアは複数車両による複数の計測であってもユーザーは煩雑な手順を行うことなくカメラ画像を使用したカラーレーザ点群まで、自動的に算出するようになっている。

しかし、車両を利用した移動体計測が一般化し、需要が増えていく中で、より一層使いやすいMMSが求められている。

最新機種のMMS-K(要旨の図右下)はこのような要望に応えて既存機種を改良し、性能と、使い勝手を向上させている。特長として次の6点が挙げられる。

- (1) 助手席での操作を可能として、運転者とのコミュニケーションをとりやすくした。
- (2) オドメータを車両のホイール内に納め、非接触方式とすることで、オーバーフェンダが不要となった。また縁石などにオドメータをぶつけて故障させることがなくなった。
- (3) 新型標準レーザを搭載することによって、到達距離、取得点数ともに約2倍となった。また反射輝度が取得できるようになり日光に左右されないレーザ計測が可能となった。
- (4) 軽自動車にも搭載可能であり、より狭い道路の計測も可能となった。
- (5) 記録媒体を半導体化することで、対振動衝撃による記録の欠落を防止した。
- (6) 車両内の記録装置を集約して車両後部に配置することで乗車定員を増やした。

## 3. MMSの利用事例

インフラ維持管理分野について、MMSの4つの利用事例を搭載センサのタイプ別に述べる。

### 3.1 道路台帳など公共測量(標準機利用事例)

MMSは名前が示すとおり地図を作成するシステムとして開発され、道路台帳付図や上下水道台帳付図作成に多く利用されている。効率的な測量ができることはもとより、交差点の見通し改善、看板や樹木のはみ出しのチェックなど、取得した三次元データからまた別の維持管理業務も可能となる。

道路や上下水道の管理者は国や自治体であるため、公共測量として実施しなければならない。当社MMSを利用したこれらの測量は50以上の自治体から国土交通省公共測量作業規程の準則第17条を申請し、国土地理院によって承認された実績を持つ。図1はMMS-Kによって取得した点群の例である。点群は1点ごとに座標を持っており、位置の特定、距離、形状の測定に利用できる。MMSでは点群を利用して位置、距離などを計測し、カメラ画像を利用して対象物を確認することができる。

3.2 景観調査など(長距離レーザ利用事例)

計測距離が200m以上計測できる長距離レーザを搭載したMMSを開発した(要旨の図右上)。図2はその計測の例であり、高さ150m以上の高層ビル群の屋上付近まで鮮明に計測されている。これを導入することによって台帳付図周辺のビル群まで把握できる。景観調査や3D都市モデルの作成に利用されている。また崖面の傾斜を計測し安全性の確認や、河川の対岸の現状把握などに利用することで崖面や河川の維持管理に利用できる。

3.3 トンネルなどのインフラ管理高精度レーザ利用事例)

高精度レーザは1秒間に100万点以上のレーザ点を取得でき、それぞれの点がレーザとして1mm以下の距離精度を持っており、詳細な形状を計測したいときに有効である。図3はこのレーザで一般道路を計測した事例である。レーザが高密度であるため、見た目は写真のように見えるが、これも点の集まりである。またズボンのしわ、枝の形状などが詳細に取得できていることが分かる。

MIMM(要旨の図左下)はトンネル用専用車両として業界メーカーと共同で開発したMMSで、高精度レーザとLED照明装置及び16台のカメラを搭載している。トンネル覆工を50km/hで走行しながら計測を行う。これまで、トンネル点検は長期間にわたる交通規制や通行止めを伴っていた。MIMMでは一般車に混じってトンネル内を走行するだけで計測できるため交通規制を全く必要としないこ

とは大きなメリットである。

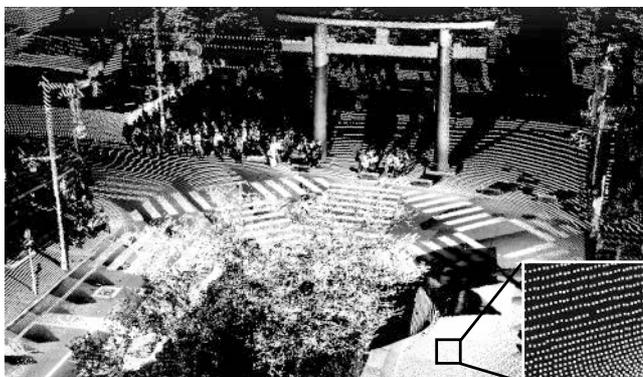
MIMMでは撮影したカラー画像からトンネル内の微細なひび割れを始めとして、漏水、変色などの変状を判別できる。また、図4のような三次元レーザ計測結果から、覆工の局所的な微細形状を計測できる。

これらの変状と変形を合わせて把握することによってトンネルの健全性を評価できると考えており、実用化検討を進めている<sup>(4)(5)</sup>。

3.5 河川計測など(全方位カメラ利用事例)

MMSではカメラは主に道路付近の現況を目視確認するのに利用するが、道路付近だけでなく全周囲の現況を確認する要望も出てきており、これに対応するために全方位を同時に撮像できるカメラを搭載できるようになっている(要旨の図右下)。このカメラは5つのカメラが一体となっており、一度の撮像で継ぎ目のない全方位映像を取得可能である。図5はその撮像例である。画面左側が前方、右側

特集  
II



右下は部分拡大図、点の集合であることが分かる。  
図1. MMS-Kによる点群



図2. 長距離レーザ計測結果(みなとみらい)



図3. 高精度レーザでの取得例

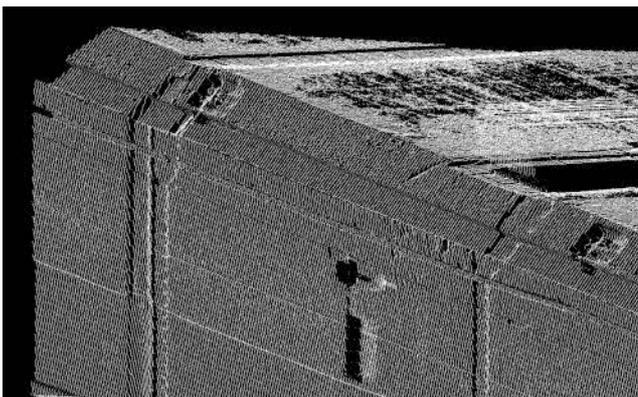


図4. トンネル計測例, 拡大図(高精度レーザ)



図5. 全方位カメラ撮像

が後方、真ん中が右側を示している。下側はMMSのユニットが写っている。上側は道路にそっている高架道が撮像されているのが確認できる。この映像とMMSの標準カメラ映像を組み合わせることで全方位の現況を正確に把握できる。このカメラは河川の現況計測などに多く利用されている。

#### 4. 発展への展望

##### 4.1 鉄道

鉄道、線路周辺、鉄道トンネルでも道路同様、維持管理が必要である。現在、MMSをトロッコなどに搭載し鉄道の計測を試行している。線路周辺の3D形状を計測することで、車両限界・建築限界の解析、トンネルの健全性確認にも利用可能と考えている。また、将来の鉄道ITS(Intelligent Transport Systems)の基礎データとしても活用できると考えている。

ただし鉄道レール上は、道路のように自由にコースを変更してGPSを補足するような走行はできないため、計測装置や計測データの後処理に工夫が必要である。さらに連続したトンネルとして地下鉄への応用も考えられるが、全線にわたってGPSが受信できない状況となるため、更なるシステムの検討が必要である。

##### 4.2 路面性状

路面性状とは舗装道路の路面の健全性を示す指標である。高精度レーザの用途として路面性状調査への適用を検討している。MMSを用いて舗装調査・試験法便覧に沿った方式を用いて、決められた精度で簡便に計測できれば道路維持管理の計測にも利用できると考えている。その上で計測結果を道路台帳の上に位置を合わせて表現できれば、管理者も利用しやすい道路管理図面ができると考えている。

路面性状調査では欠かせない、“ひび割れ”については1mm以上のものを検出・撮影しなければならないが現状の標準カメラでは分解能が十分ではないので、舗装面専用のカメラを搭載することが必要である。

#### 5. むすび

MMSを利用した種々のインフラ管理の現状と将来の見通しについて述べてきた。今後のインフラ管理は三次元が主流になっていくと考えている。計測走行とそれからの点群生成までの効率化だけでなく、3D地図又は社会基盤データ作成までの全体を効率化するために計測データの自動処理の開発なども盛んに行われている。

例えば現在の地形座標を初期値としてデータベースなどに登録しておき、通常は維持管理のための経年変化量として、災害発生時には被害査定や復興計画へ即座に供することができると考えている。

MMSによって、三次元の計測が高精度・高効率に行われ、経年変化の初期値データとして蓄積され将来に受け渡すことができるようになってきた。社会インフラの維持管理を行う技術者や管理者にはこれらデータが、維持管理や震災・災害等の緊急時における対策に強力な手助けとなるはずである。

MMSとその利用用途の開発を通じて社会貢献を果たしていく。

#### 参考文献

- (1) 国土交通省：国土交通省技術基本計画～安心と活力のための明日への挑戦～(2012)  
<http://www.mlit.go.jp/common/00023235.pdf>
- (2) Ishikawa, K., et al.: A Mobile Mapping System for road data capture based on 3D road model, IEEE International Conference on Control Applications (2006)
- (3) 西川啓一, ほか：高精度GPS移動計測装置 三菱モービルマッピングシステム(MMS), 画像ラボ, 22, No. 1, 74~81 (2011)
- (4) 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)
- (5) 西川啓一, ほか：MMSの最新動向, 建設の施工企画, No. 740, 58~64 (2011)