

# モバイルマッピングシステム(MMS)の進化

小澤 正\*  
吉田光伸\*

## Evolution of Mobile Mapping System

Tadashi Ozawa, Mitsunobu Yoshida

### 要 旨

三菱電機のモバイルマッピングシステム(MMS)は、車両にGPS(Global Positioning System)、慣性計測装置(Inertial Measurement Unit:IMU)、レーザスキャナ、カメラ等の各種センサを搭載し、走行しながら周辺の三次元空間データを精密かつ効率的に計測するシステムである。これらは衛星システムから得られる正確な位置、姿勢によって実現している。

国内では、測量、地図作製などに必要となる三次元空間データの取得用として100台以上のMMSを出荷し、各種業務の効率化、高精度化が図られている。さらに、トンネル内計測、河川計測、地下計測、都市景観モニタなどに適用させた応用製品の投入も進めている。

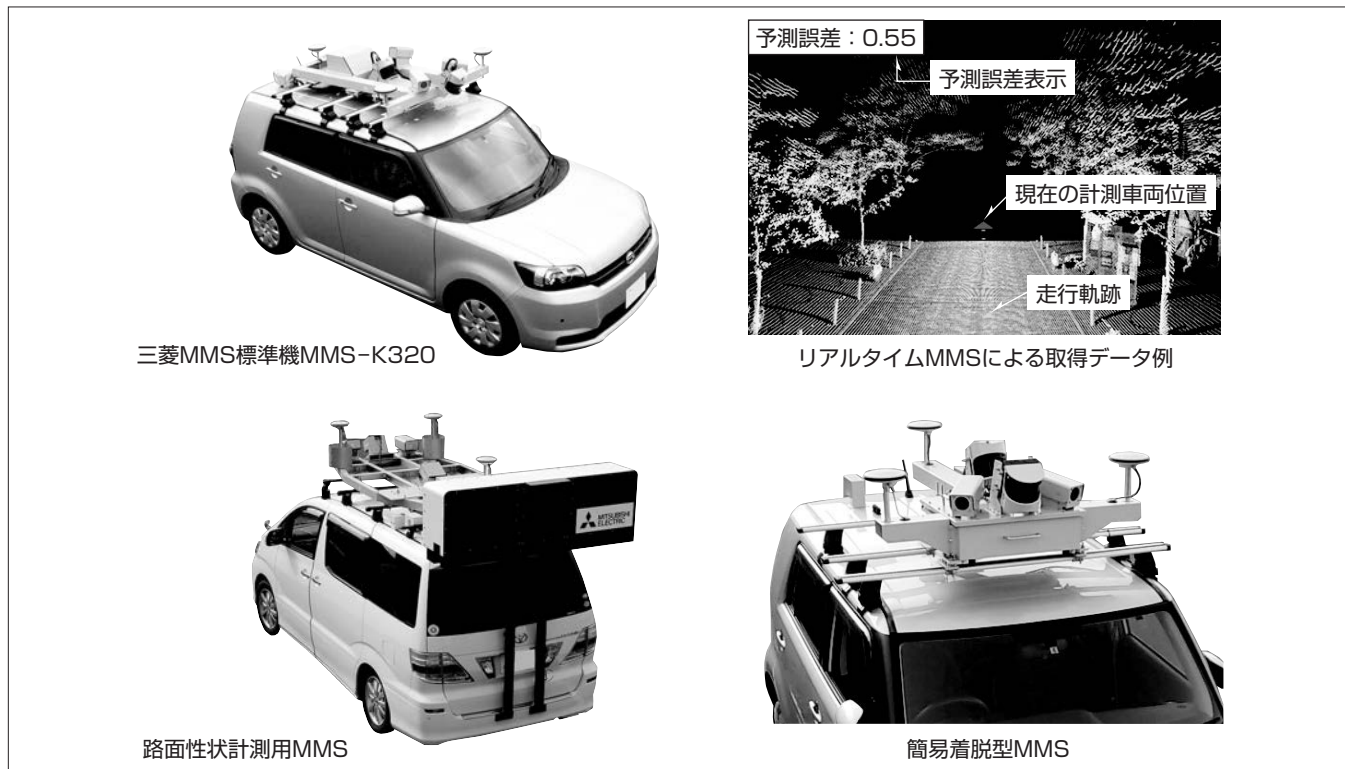
こうしたMMSの活用分野の拡大と稼働率UPを背景に、取得データを計測後の“後処理”でないと確認ができないという課題や、万一の計測データの不備などで再計測が発生する等の計測の煩雑さも課題として浮上している。今回、

準天頂衛星を利用することで位置をリアルタイムに演算してMMSで計測全体のリアルタイム化を可能とし、これらの課題を解決している。

さらに、各種センサを搭載してより精細な画像を取得し、路面や壁面の検査での活用拡大を図りたいという要望や、従来の検査方法よりも簡易に計測を行って検査の効率化を図りたい等の要望もあり、これらの要望に応えるために各種開発を進めている。

また、自動運転の早期実現に向けた社会インフラ整備の加速も背景に、効率的に高精度な三次元道路データを取得できるMMSの活用拡大を行い、三次元地図データ基盤整備へのMMSによる高精度な三次元道路データの活用も開始されている。

このように、衛星を有効利用するMMSの技術を早期に実用化、深化させて防災・減災・インフラ維持管理・安全管理等のより大きな社会貢献を果たしていく。



### 三菱電機MMSのバリエーション

左上は、3つのカメラと2つのレーザスキャナを搭載した三菱MMS標準機“MMS-K320”である。右上の図はリアルタイムMMSによって取得した走行中の三次点群を示している。左下は高精度カメラと高精度レーザスキャナを搭載した路面性状計測用MMSである。右下は車両の改修が不要で簡易に着脱可能なMMSである。

\*鎌倉製作所

## 1. ま え が き

MMSは、衛星測位技術、IT (Information Technology) 技術を利用して高精度に広範囲を効率良く計測できるシステムである。静止測量が1点での計測であるのに対して、車両に搭載して移動しながら計測でき、1秒間に数万~100万点の道路周辺の空間座標を得ることができる。これを、高度な位置、姿勢演算技術と融合させ、高精度で詳細かつ効率的に三次元空間データを取得することに成功している。

本稿では、MMSの技術を更に進化させ、より早く、詳細に、簡易に計測できるシステムの開発の取組みについて述べる。

## 2. 当社MMS

MMSでは、GPSアンテナ及び受信機を3台、IMU及び車両の速度を検出するオドメータのセンサから得られる情報で車両の位置と姿勢を計算する。さらに、レーザスキャナから得られる情報から三次元点群の座標を得る。これに、カメラ画像から色を取得して点群に色を付与することができる<sup>(1)</sup>。三次元点群の取得・処理量は、標準機で55,000点/秒、高精度レーザスキャナ搭載機で100万点/秒の能力を持っている。MMSで走行して取得した道路周辺の三次元点群は1点ごとに座標を持っており、三次元情報としてコンピュータ上に再現し、任意の方向から俯瞰(ふかん)したり距離を計測することができる。図1はMMS標準機で取得した三次元点群の例である。図の右下の拡大図を見ると、点の集まりであることが分かる。

MMSは、用途・目的に応じて異なる搭載センサを選択することができる。主な用途と搭載センサは次のとおりである<sup>(2)</sup>。

- (1) 公共測量，地図作製(標準機)
- (2) 三次元景観等(長距離レーザスキャナ搭載機)
- (3) トンネル等インフラ管理(高精度レーザスキャナ搭載機)

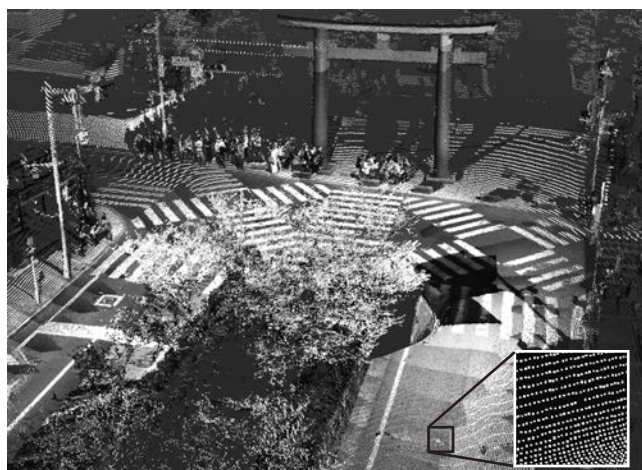


図1. MMS標準機で取得した三次元点群の例

## (4) 河川計測等(全方位カメラ搭載機)

昨今は、道路を含めた周辺の三次元空間データの蓄積を計画的に実施し、自動運転支援のための三次元道路データの利用が検討され、多様な活用方法の検討が進んでいる。

## 3. MMSの進化

MMS進化の方向と要素技術について述べる。

### 3.1 リアルタイムMMS

現在、MMSでの三次元空間データの取得は全て計測後の後処理によるものであり、即時にデータを得ることができないことが課題の1つであった。リアルタイムで三次元空間データを取得できれば、迅速な状況判断を支援すること、計測結果を現場で確認すること等、データ取得の効率化は元より、災害発生時の被害程度をリアルタイムで三次元空間データとして取得・活用することで、救助活動や復旧活動の効率化と迅速化を図ることが可能と考える。

既に三次元空間データのリアルタイム取得とコンピュータ上での再現は実現しており、これによって、車で走行しながら道路とその周辺情報(状態)をリアルタイムで把握することができる。図2はその例であり、走りながら任意の方向から三次元点群を確認することもできる。

また、この技術を発展させることで前回データとの差分が抽出でき、変化物(不審物等)の早期発見、警戒監視にも可能性を持っており、具体的には次のような用途に活用できると考えている。

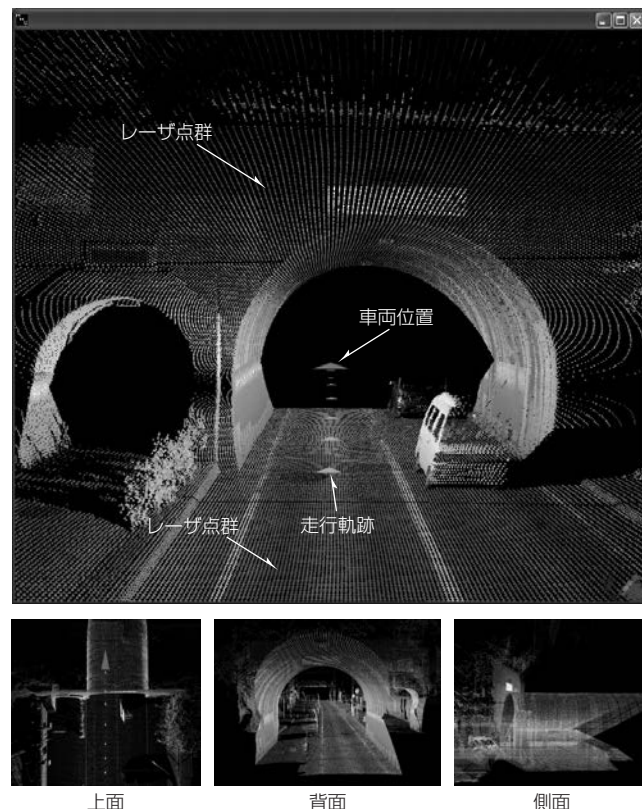


図2. リアルタイムMMSで取得した三次元点群例

(1) 測量

現場での状況判断，測量業務の効率化

(2) 災害対策

災害現場や被害状況の即時把握から救助活動，復旧活動の早期検討支援

(3) 警備・監視

パトロール結果の即時把握，変化箇所・変化物(不審物等)の迅速な発見

(4) 社会インフラ管理

現場での即時目視確認，変化箇所への迅速なマーキング

(5) ITS(Intelligent Transport Systems)

三次元地図基盤整備への対応，高精度地図と簡易測位結果のマッチングによる自動運転支援

例えば道路パトロールでは，道路落下物，陥没，電線の垂れ下がり，街路樹の伸びすぎ，白線のかすれ，違法駐車車両などの目的物を正確な位置とともにリアルタイムに検出することが可能となる。この情報を集中管理することで，迅速な対応が可能になる。

さらに，三次元空間データのリアルタイム化技術は，2018年度に開始される準天頂衛星のcm級測位補強サービスを利用したリアルタイム高精度測位端末(図3)として開発を進め，各種実験を行って製品化を目指している。

3.2 路面性状計測用MMS

道路は，長期間の使用でひび割れたり，走行によって凹凸(わだち掘れ)したりするため，定期的な補修が必要である。

“路面性状”とは，舗装道路の劣化度，健全性を示す指標で，MMSを用いて舗装調査規定に沿った精度で計測する装置が“路面性状計測用MMS”である。この装置によって，路面性状の計測を三次元空間データ計測と同時に実行でき，計測結果を地図上の位置に正確に合わせて表現した道路管理図面の作成ができる。さらに，高精度な位置を把握できるので，該当箇所の経年管理と差分検出等で劣化の速さを推測して再舗装が必要な時期の予測をするなど，効率的な補修計画立案の一助になるとも考えている。

路面性状の重要な要素<sup>(3)</sup>の1つである路面の“ひび割れ”を検出するためには，1mm以上のひび割れを検出・撮影しなければならない。この路面のひび割れを検出・撮影するため，舗装面専用の撮像システムを開発している(図4)。具体的には，解像度の高いラインカメラで車両の進行に同期させて路面を撮像することで，一定の解像度で路面撮像することを実現している。標準1.00mm/ピクセルの撮像が可能である。図5は走行しながら路面を撮像した例であるが，0.5mm程度のひび割れも判別できている。右側の解像度チャートでは0.1mmの線も判別できている。また，路面に向けた照明装置にはレーザーを採用し，周辺のを幻惑することなく一般車両と同様に走行しながら計測することが可能である。

路面性状のもう1つの要素である“わだち掘れ”に関して，高精度レーザースキャナを搭載して3mm以下の道路の凹凸を判別可能である。このように“MMS”と“舗装面専用の撮像システム”を同時に搭載しているため，位置と三次元形状と路面性状を同時に計測でき，効率的に計測後のデータを管理できる。

この装置(車両)は，平成27年度一般財団法人土木研究センターの路面性状自動測定装置の性能確認試験に合格している。

3.3 簡易着脱型MMS

簡易に着脱可能なMMSの開発も行っている。既存のMMSは，車両に専用ユニットを搭載して車内にラックを設置する等，簡易な着脱を前提にはしていない。昨今，多様化される活用シーンに向け，三次元空間データの移動体計測を容易に実現するため，可搬可能で車両への搭載が容易なMMSの製品化を進めている。

軽量かつ高剛性を実現する簡易着脱型MMSの開発を完



図3. 準天頂衛星の高精度測位端末のプロトタイプ

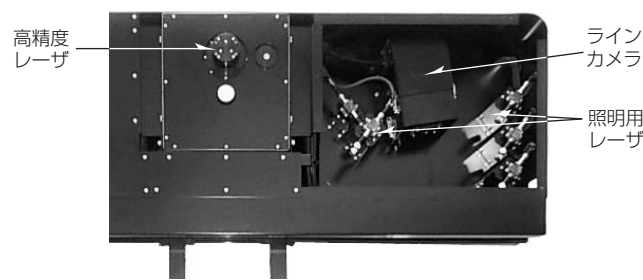


図4. 舗装面専用のシステム

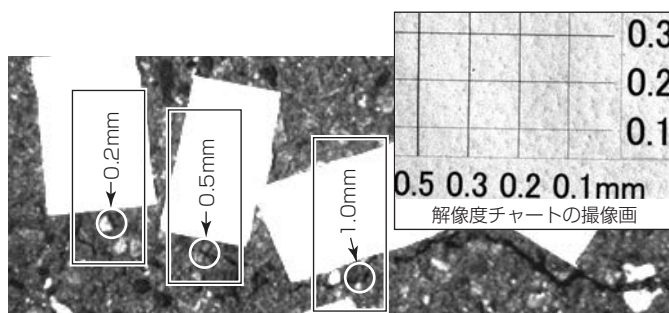


図5. 高精査モードで撮像した路面画像と解像度チャート

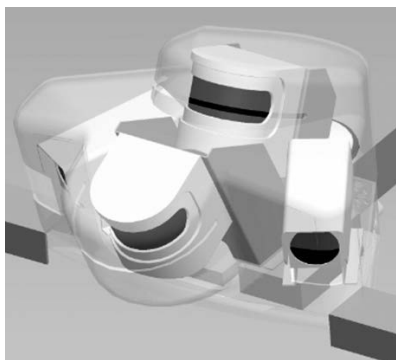


図6. 集約したセンサと機器

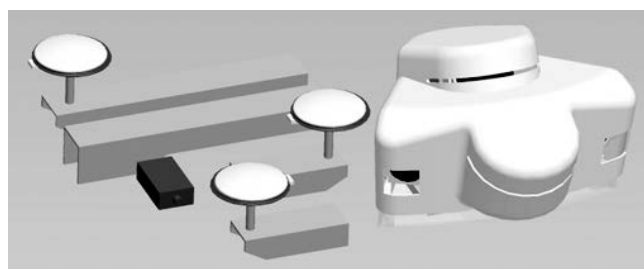


図7. 運搬時の分解状態

了し、機器を集約して60×60×60(cm)内(突起物を除く)に収めている(図6)。また、軽量化と構造のスリム化も図り、総質量を当社標準MMSの35%以下とした。さらに省電力化を図るとともに、可搬性に関しても分解して運搬性の向上を図り、持ち運びが可能である(図7)。

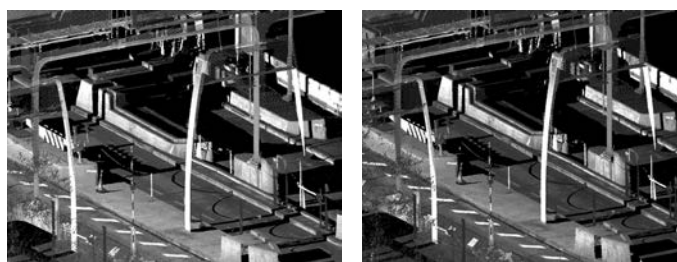
### 3.4 鉄道向けMMS

鉄道、線路周辺、鉄道トンネルでも道路と同様に維持管理が必要であり、より効率的で高精度な計測装置が求められている。線路周辺の三次元形状を計測することで安全管理区域内への建築物や電線の侵入、建材の劣化、トンネルの健全性確認にも利用でき、取得されたデータは将来の鉄道路線、インフラ管理用の基礎データとしても活用できる。ただし、鉄道に利用する場合は、道路と異なり自由にコースを変更して衛星の捕捉をするような走行はできない。さらに、地下鉄での活用を考えると衛星の捕捉は望めず、既存のMMSの鉄道利用では制約事項が多い。

このため、特に地下鉄計測などで有効に活用するために、衛星不可視(活用できない)でも高精度三次元空間データを計測可能とする鉄道向けMMSの開発を行った。これによって、場所や時刻に依存しない計測が可能となっている。ただし、衛星不可視の計測モードでは相対位置での活用となる。

図8(a)は衛星可視状態で計測した結果、同図(b)は衛星を利用せず計測した結果である。形状としては同じものが計測されることが分かり、高精度での再現データの取得が可能である。

鉄道向けには“三菱インフラモニタリングシステム”とし



(a) 絶対位置計測

(b) 相対位置計測

図8. 絶対位置計測と相対位置計測による三次元点群

てサービスを開始しており、変化を確認するデータの取得用に鉄道向けMMSを活用している。

## 4. む す び

MMSの進化と、要素技術について述べてきた。今後のインフラ、施設管理では、リアルタイム、三次元が主流になっていくと考えられる。MMSは走行しながら高精度三次元空間データを計測して計測作業の効率化に寄与しているが、さらに、道路、路面、トンネル、鉄道などの社会基盤の維持管理を安全にかつ高精度に行えるという利便性も高めてきている。これらをリアルタイムに、高精度に、高精細に、容易に、場所や時間に依存せず実施できるようにすることで、社会の安全安心の向上、また、災害発生時の被害査定や復興計画へ即座にデータを供することができるなど、更なる効率化を図ることができる。

進化したMMSの活用で、より多くのシーンでの高精度三次元空間データの取得・蓄積を実現し、経年変化分析の効率化、将来劣化予測分析の短縮化等が図られ、安全・安心な社会の更なる向上を加速できるものとも考えている。また、高精度三次元空間データ(地図)と簡単な自己位置測定結果をリアルタイムでマッチングしながら車両走行を実現する自動運転支援システムへの適用も期待でき、MMSを更に深化させて行きたい。

MMSの開発と利用用途の拡大を通じて社会貢献を果たしていく。

## 参 考 文 献

- (1) 瀧口純一：高精度GPS移動計測装置三菱モバイルマッピングシステム，情報処理学会，研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア(CVIM)，2011-CVIM-176，No.20，1～5 (2011)
- (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) 国土交通省 道路局：道路ストックの総点検 総点検実施要領(案)【舗装編】，及び総点検実施要領(案)【舗装編】(参考資料) (2013)