

モバイルマッピングシステムと各種応用例

木元勝一* 吉田光伸†
西川啓一**
瀧口純***

Mobile Mapping System and its Application

Shoichi Kimoto, Keiichi Nishikawa, Junichi Takiguchi, Mitsunobu Yoshida

要旨

コンピュータの高性能化や大容量メモリの登場と低価格化によって、地図やGIS(Geographic Information System)の世界も3D化が急激に進んでいる。それに負けず劣らず、実空間でも立体交差や地下空間などより立体的になり、それらの建設計画・維持管理計画など、様々な分野でも3D空間での表現が必要な時代が到来している。

そのような環境の中、3D空間の現況データを取得する道具として三菱電機はモバイルマッピングシステム(MMS)“MMS-X”を開発した。

MMSとは計測用車両と、車両位置を高精度に計測できるGPS(Global Positioning System)技術、レーザを照射して道路周辺の地物位置を計測するレーザスキャナ技術などを用いて、車両が走行するだけで3D空間の現況データを取

得することができる“高精度GPS移動体計測装置”である⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

MMSの最大の特徴は、データ取得のために道路の供用停止、いわゆる通行止めや交通規制をすることが不要で、短時間に計測を行え、その結果が容易な工程で短時間に得られることにある。そのため、新鮮な3D空間をデータとして扱うことが可能となる。

その特徴を生かし、道路台帳作成や維持管理・防災のための三次元計測が行われ始めており、また、そのデータを用いてこれまでにない新しい解析手法も検討が進められている。

これをより進めることによって、安心・安全・便利かつ環境を保全する社会創出に向かうナビゲーションとなることを期待している。

特集
II

MMS-X(640)の仕様

	品名	仕様
計測装置	デジタルビデオカメラ 6台	5M画素
	レーザスキャナ 4台	最大視野角180度 スキャン速度 13,500pps
	GPSアンテナ/受信機 3台	2周波: 1基 1周波: 2基
	IMU及びオドメータ 1台	3軸FOG/ 3軸加速度計 オドメータ: 右後輪
車両	VW トゥーラン	(撮影車速 0~80km/h)

モバイルマッピングシステム“MMS-X(640)”

車上部天板にはGPSアンテナ3台、IMU(慣性航法装置)、レーザスキャナ4台、カメラ6台が搭載されている。また右後輪にはタイヤの回転を計測するオドメータが、車内にはこれらのセンサを統合管理するシステム一式が搭載されている。通常、2名での運用が可能であり、交通を乱すことなく周辺の三次元地形を計測することが可能である。

1. ま え が き

カーナビや社会インフラの維持管理を行うため、高精度で新鮮な、すなわちリアルタイムな三次元空間の計測が要求されている。一方、そのデータ取得にかかわる費用は抑えられ、また、管理者は計測のための交通規制を極力避けたいと願っている。MMSは、高効率なデータ計測とその後のデータ処理の容易さでその課題を解決する。

本稿では、公共測量や社会インフラの維持管理分野でのMMSの利用例について述べる。

2. MMS

MMSは各種センサを搭載した計測車両と、計測されたデータを解析し三次元化する後処理部に大きく分けることができる。

2.1 MMSによる計測

当社のモバイルマッピングシステムMMS-X(640)はGPSアンテナ3台、精密IMU1台、レーザスキャナ4台、カメラ6台を搭載している。MMSはこれらのセンサからのデータを精密な同期をとってロギングする車両である。

車内には各センサの状態を示すモニタがあり、特徴的なのは、GPSの受信状態によって計測精度を予測する誤差モニタが表示されていることである。この予測誤差モニタによって計測の失敗を防止している。

2.2 MMS後処理

MMS車両と対をなす後処理システムは、車両搭載の計測部によって記録されたGPSアンテナ3台のデータ、精密IMUデータとオドメータデータを複合計算することによって、車両の測位処理・姿勢計算を行う。計算された車両位置と姿勢をベースに、レーザデータと画像データに対しての三次元化処理、座標変換処理を実施し、三次元空間データを出力する(図1)。この後処理の特徴として、計測当日のうちに三次元点群ができることが挙げられる。

GPSによる測位は、電離層や対流圏による影響、衛星の軌道誤差、時計誤差等によって誤差が発生する。このため、国土地理院が全国に設置した1,200余点の電子基準点をネ

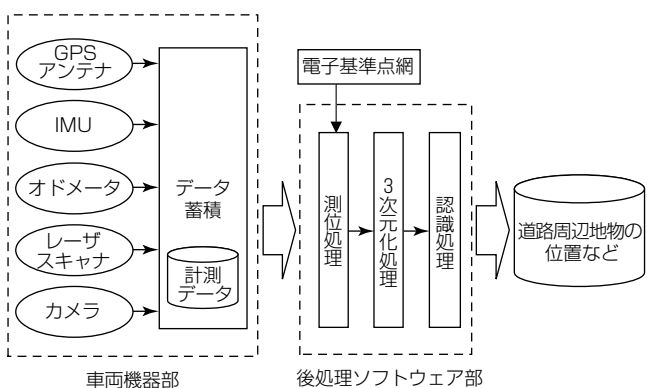


図1. MMSデータの後処理フロー

ットワーク化し、1秒ごとのデータを記録している。MMSが走行した時間、エリアのこの記録をダウンロードして、FKP(Flaechen Korrektur Parameter:面補正パラメータ)方式による補正を行って、数cm精度で測位計算を行う。

FKP方式を利用したため、高速走行時でも高精度測位が可能であり、かつ広域で均一に高精度なデータが得られる。トンネル内やビル影によってGPSが受信できない場合でも、IMUデータとオドメータデータを用いて複合計算しているため精度が保たれる。

GPSが受信できない状態が長く続いた場合、計測精度(公共座標とのずれ)が劣化するが、該当部分のいくつかの参照点の座標を追加して計算することで、全体に計測精度を向上させる補正処理ソフトウェアも用意している。

MMS後処理は、インターネットが使える環境で走行計測後に行われる。これは、走行しながらでは通信が途切れたり、又は通信圏外である場合を想定してのことである。GPS測位計算も、IMU、オドメータとの融合処理の中で行っているため、時間軸に沿った計算と時間軸をさかのぼる計算の両方を行うことによって、信頼性を向上させている。

2.3 NETIS登録

新技術情報提供システム(New Technology Information System:NETIS)とは、公共工事等で活用が期待できる民間が開発した新しい技術の情報を、国土交通省がデータベース化したものである。MMSは調査試験・測量・地上測量のカテゴリーで登録申請し、2009年にNETIS登録された(KK-090011)。合わせて“建設技術展2009近畿”に出展し、“審査員特別賞”を受賞した。

3. 公共測量への利用

測量法第5条に“測量に要する費用の全部又は一部を国又は公共団体が負担し、又は補助して実施する測量”を公共測量と定め、この成果は今後の工事、取引などに使われる可能性があるため、一定の精度を保つことが必要であることから、測量の方法についてマニュアルで規程している。

一方で技術の急速な進歩によって、より効率的・低コストで高精度な測量技術が出現している。これらの新技術を用いて公共測量を可能とするために、自治体などの計画機関から国土地理院に独自測量マニュアルを提出し、技術的な助言・承認を得ることによって新技術を利用した測量が実施できる。これを“機器等及び作業方法に関する特例”として国土交通省公共測量作業規程の準則第17条で定めている。

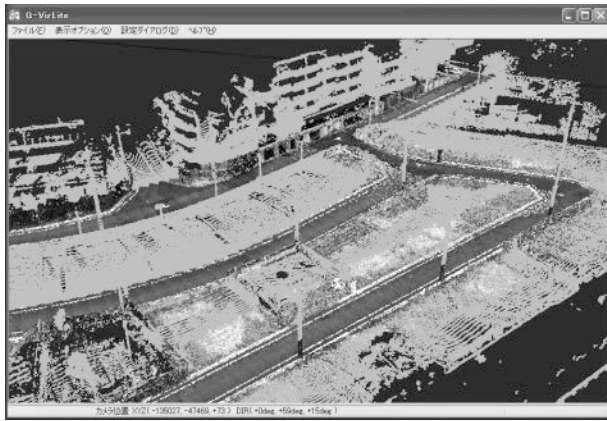
MMSを利用した公共測量の届出は1/500レベルの台帳付図作成が主であるが、複数の自治体から届出がなされ、そのうちのいくつかについては、その成果についても国土地理院の承認を受けた。図2はMMSで取得した点群であり、図3はそれを基に作成した台帳である。

MMSを導入することによって、台帳付図の効率的な作成ができることはもちろん、交差点の見通し改善や道路面のワダチの把握、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。

4. 道路維持管理

道路では上下水道管や通信ケーブル、ガス管などが埋設されている箇所も多い。道路拡幅や改良によって、埋設物の位置や深さがあいまいになりつつある。このため、工事中に埋設物破損事故が発生する可能性がある。さらには、雨水や漏水による空洞が発生し、これによる陥没も時折報告される。この対策のため、地中レーダなどを利用して埋設物や空洞を探索することが行われている。

図4は、地中レーダとMMSの組み合わせを実験的に行った場合の探索結果である。図中拡大した部分の中央付近に地中レーダの強い反応が見られる。この部分に空洞又は異物が存在すると考えられる。地中レーダの反応位置が正確な座標と関連付けられるため、複数回の探索結果が正確に三次元空間上で重なり、データの判読が容易になる。また、地上の地形の特徴点からの位置も正確にわかるため、より詳細な調査の位置特定も簡便に行うことができる。また、道路表面の凹凸が計測できるため、その空洞が道路に影響を与えているかが推測でき、補修要否の判断材料として利



(協力：豊中市・(株)パスコ)

図2. MMS計測結果



図3. 台帳成果

用できると考えている。

図5は埋設管位置を道路と合わせて三次元表示したもので、地中の位置を正確に把握することが可能になり、工事中の破損事故を減少させることができると考えている。

5. トンネル計測

我が国には8,700本の道路トンネルがあるといわれ、ここ数年のうちは建設後50年を迎えるトンネルが25%を超えられている⁽⁴⁾。一方でコスト面や交通規制の制約から、トンネル点検の頻度が上がっていないことも事実である⁽⁵⁾。

MMSをトンネル初期点検に利用する試みを行っている。トンネル初期点検の一部にMMSが利用できれば、特に課題となっている交通規制を行わなくてよいという利点がある。また、トンネルの内空形状を全線にわたり三次元で計測する時間も、トンネル長が400m程度であれば、従来の固定式の三次元レーザスキャナでは2日程度必要なところを1分程度で計測できるなど、効率の向上が期待できる。

図6は取得した点群から出来形を推定し、その推定出来形と計測値との凹凸を色で表現したものである。これによって局所的な変形状況の検査ができるものと期待している。



(協力：アイレック技建(株)・NTTインフラネット(株))

図4. 地上3D空間と地中レーダの重畳



図5. 地上3D空間と地下ケーブル

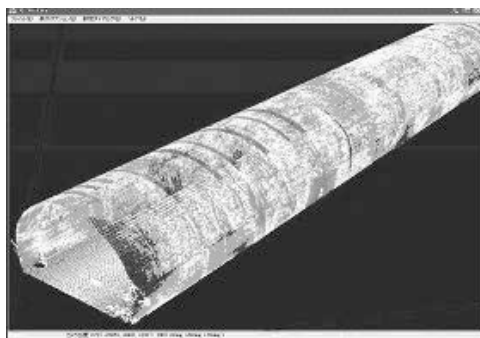


図 6. 推定出来型との凹凸⁽⁶⁾



図 7. ボーリングデータとの重畳

6. その他計測

その他、地下ボーリングデータを三次元空間で重畳させることによって、データベースを構築するとともに、実際の町の地下構造がどうなっているかを住民にわかりやすく説明するための表現として利用されている(図7)⁽⁷⁾。

また、MMSでは道路とその周辺しか3D空間が取得できないが、航空写真や航空レーザデータと組み合わせることによって、広域でかつ詳細な3D地形モデルを構築できる。これを洪水シミュレーションなどの防災用途に利用しようと研究がなされている(図8)。

7. むすび

MMSを用いて高精度かつ効率的に三次元空間の計測が可能になってきた。しかし、空間計測のデータを取得することが目的ではない。これらの三次元空間データを活用し、維持管理や計画立案、防災用途に利用されてはじめて生活に役に立てると考えている。今後、これらデータの利活用の開発を合わせて進めていく所存である。

参考文献

- (1) 吉田光伸, ほか: モービルマッピングシステム, 三菱電機技報, **81**, No.8, 513~516 (2007)
- (2) 吉田光伸, ほか: モービルマッピングシステムを用い
- (3) 瀧口純一, ほか: モービルマッピングシステムにおけるGPS/IMU/オドメトリ複合航法のデータ処理と精度管理, 日本信頼性学会誌“信頼性”, **32**, No.2 (2010)
- (4) 小澤 隆: 道路維持管理の現状と課題, 国立国会図書館刊行レファレンス, No.675, 53~70 (2007)
- (5) 安田 亨: 地盤構造物におけるアセットマネジメントの展開, 地盤工学会誌 土と基礎 (2010)
- (6) 道路トンネル健全性評価プロジェクト, 京都大学, 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)
- (7) 三村 衛, ほか: 鳥羽市大明地区の地盤情報データベースの構築と基盤構造モデル, 第44回地盤工学研究発表会 (2009)



図 8. 航空レーザ・航空写真・MMSデータの重畳

た道路三次元情報の活用, 三菱電機技報, **83**, No.5, 322~325 (2009)