

高精度 GPS 移動計測装置モバイルマッピングシステム（MMS）を利用した道路計測手法について

飯塚 修功（アイサンテクノロジー株式会社）

1. はじめに

車載型計測システム「モバイルマッピングシステム（略称：MMS）」（三菱電機株式会社製）は、GPS/IMU、レーザスキャナ、デジタルカメラ等を組み合わせた、道路及び道路周辺の地物等を高精度に3次元座標化することが可能なシステムである。2009年末、レーザ及びカメラユニットが強化された最新機種MMS Type Xが発売され、さらなる精度向上が可能になった。図1はカメラユニット6台、レーザスキャナ4台が搭載されたMMS-X 640の写真である。



図1 MMS Type X



図2 レーザ点群座標取得の例（3D表現）

図2は、MMS計測によって得られた3次元レーザ点群を、ビューアソフトによって3次元表現した事例である。各レーザ点は、カメラの画像情報をもとに色付けされている。道路の停止線などの白線が取得されており、ガードレールや信号機、歩道の段差、電線、看板なども取得できているのが確認できる。実際にはビューアソフトでカメラ位置を変えて表示することもでき、車両が走った軌跡から走行シミュレーションをすることなども可能である。

本報告では、MMS Type Xを道路台帳附図等の平面図作成へ利用するための水平位置の精度評価を行う。また、縦断・横断図作成等への応用に向け、一定間隔毎の路面の標高の精度の検証も行う。

2. 精度検証フィールドと検証方法

精度検証フィールドとして、図3のような

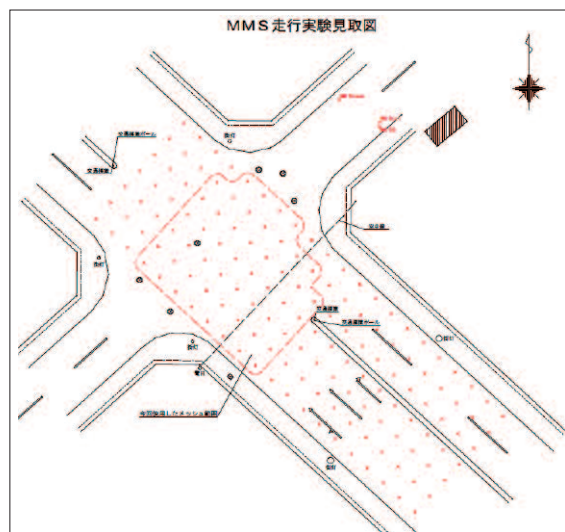


図3 精度検証フィールド

交差点を利用した。この交差点は、北西から南東方向を結ぶ中央分離帯のある片側2車線（幅員17.5m）の道路と、北東方向から南西方向を結ぶ片側1車線の道路（幅員7m）が交差する場所である。車両の走行は、全方向から2往復（時速20kmから40km）行い、各走行間の座標のばらつきを検討できるようにした。

この交差点の路面には一定間隔（2.5m）毎にメッシュ状に十字のマーカを記し、カメラ画像とレーザ点群の重畳による位置特定を可能ようにした。さらに、本検証では点の特定が容易なように工夫された標定板も用いた。レーザが当たりにくいと思われる官民境界杭等にはこの標定板を設置し、標定板に当たったレーザ点群データから回帰直線を引いてその地点の座標を算出した（図4）。

また、各測点はあらかじめネットワーク型RTK-GPSによって世界測地系の水平位置を、GPS及び水準測量によって標高を取得しておき、MMSによる3

次元座標と比較することによって、その精度（precision）および正確度（accuracy）を評価できるようにした。

3. 道路台帳附図等の平面図へ利用する場合のための水平位置の精度検証

道路台帳附図等に代表される平面図には道路付近のさまざまな地物が記載される。その主なものに、歩道の縁石（道路と歩道の境界）や、建物、道路区域界等がある。今回はこれらに絞って水平位置の精度検証を行った。道路区域界については、その境界標上に2.で紹

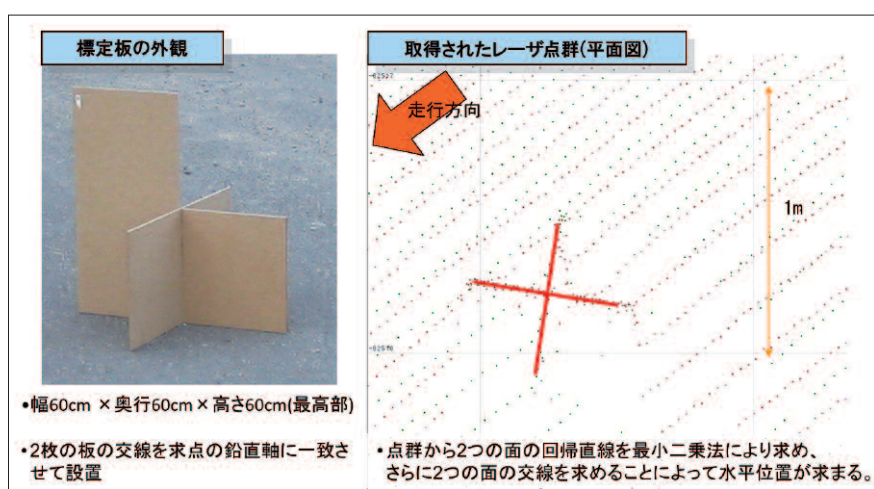


図4 使用した標定板の外観と水平位置の特定法

表1 歩道と道路（路肩）の境界の真値に基づく標準偏差およびRMS誤差

標準偏差 X (m)	標準偏差 Y (m)	RMS 誤差 X (m)	RMS 誤差 Y (m)
0.024	0.020	0.025	0.022

※実測値を真値とみなし、16個のサンプル点より計算

表2 建物の角の点の真値に基づく標準偏差およびRMS誤差

点 名	標準偏差 X (m)	標準偏差 Y (m)	RMS 誤差 X (m)	RMS 誤差 Y (m)
TA1 (北側)	0.016	0.013	0.029	0.043
TA2 (西側)	0.014	0.013	0.016	0.016
TA3 (南側)	0.045	0.041	0.045	0.049

※各点とも、実測値を真値とみなし、5回の走行データより得られた5つの座標値から計算した値

表3 道路区域界の点の真値に基づく標準偏差およびRMS誤差

境界標番号	標準偏差 X (m)	標準偏差 Y (m)	RMS 誤差 X (m)	RMS 誤差 Y (m)	車両からの距離
1 (北側)	0.015	0.021	0.021	0.041	約5.0～5.9m
2 (西側)	0.008	0.003	0.032	0.008	約5.3～6.3m
3 (東側)	0.017	0.006	0.022	0.014	約6.1～7.1m
4 (南側)	0.022	0.037	0.024	0.037	約7.5～10.2m

※各点とも、実測値を真値とみなし、3回の走行データより得られた3つの座標値から計算した値

介した標定板を置き、その標識に当たったレーザ点群から標識中心位置の水平位置を算出し、実測による座標値と比較した。それぞれの地物の比較結果から得られた標準偏差および RMS 誤差を表 1 から表 3 に示す。

通常、道路台帳附図は、都市部では地図情報レベル 500 で作成されることが多い。地図情報レベル 500 の要求精度の目安は、国土交通省公共測量作業規程の準則（以下、準則と略）において数値地形図データの精度として記載されている標準偏差 25cm が参考になる。今回の検証では、検証を行ったすべての地物（歩道の縁石、建物の角および道路区域界）において、地図情報レベル 500 だけでなく地図情報レベル 250 の 12cm を上回る RMS 誤差が得られることが確認できた。

4. 縦断図、横断図作成等へ利用する場合のための標高の精度検証

縦断図、横断図を作成するためには、路面およびその周辺の 3 次元座標が正確に求められている必要がある。今回は路面部分に焦点を当て、路面マーカにおける MMS によって得られた座標（複数回計測）と実測による座標を比較し、精度および正確度を検証した。検証方法を、図 5 に示す。

路面マーカの座標は MMS によるレーザ点座標からは直接得ることができないので、車載カメラで撮影された写真とレーザ点群を重畳して補間等によって位置を特定することが可能なソフトウェア MMS-Tracer によって座標を取得した。路面マーカのうち、取得で

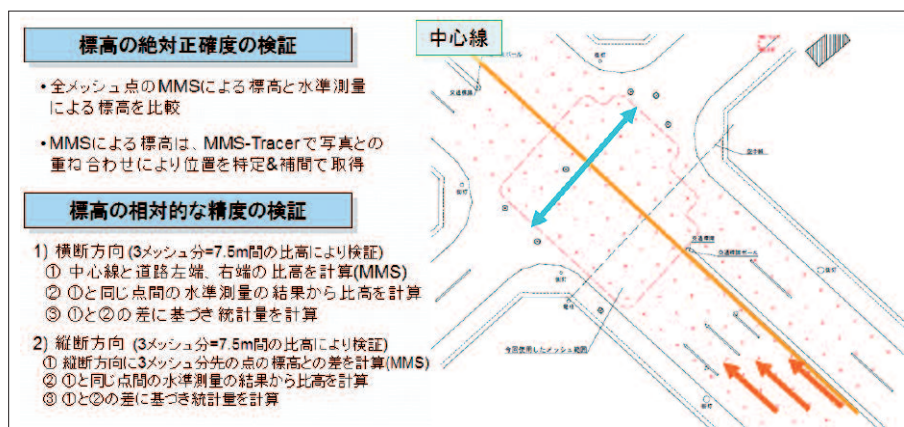


図 4 使用した標定板の外観と水平位置の特定法

表 4 標高の絶対正確度の検証結果

較差の平均 (m)	標準偏差 (m)	RMS 誤差 (m)
-0.024	0.026	0.035

表 5 標高の相対的な精度の検証結果（横断方向）

比高差の平均 (m)	標準偏差 (m)	RMS 誤差 (m)
-0.008	0.026	0.028

表 6 標高の相対的な精度の検証結果（縦断方向）

比高差の平均 (m)	標準偏差 (m)	RMS 誤差 (m)
-0.008	0.018	0.020

きた 130 点のサンプルに基づき絶対正確度の統計量を計算した結果を、表 4 に示す。準則の縦横断測量において絶対正確度の制限等の記述はないが、地図情報レベル 250 の数値地形測図では標高点の位置精度として「標準偏差 0.25m 以内」と記載されている。今回得られた結果は、RMS 誤差 3.5cm となり、この要求精度を十分満たしていることがわかった。

また、縦断図、横断図作成のためには高さの相対的な差が重要である。路面中央と左右両方向の端のメッシュ点間の比高を計算し、真値と MMS による観測値とを比較した。結果は、比高の差の平均が-8mm、RMS 誤差が 28mm となった（表 5）。同様に、縦断方向でも同距離で比高の差を計算し、比較を行った。結果は、比高の差の平均-8mm、RMS 誤差 20mm となった（表 6）。

5. MMS による高精度な座標を取得するための方法

MMS で取得できる 3 次元座標は一樣に同じ精度を持っているわけではなく、走行中心線から離れるに従って誤差が増大していく性質がある。これは、主に車両のヘディング角の誤差の影響が、距離が離れるに従って増大するためである(水平位置の場合。図 6 参照)。そのため、特に水平面上の位置を写真との重畳により補間で特定する場合は、周囲の点の密度と要求精度を勘案して、慎重に座標取得すべきである。特に官民境界杭のような高い正確度が要求される場所は、可能な限り本論で用いた標識板等を用いることが望ましい。

現状のスペックの MMS を用いてできる限り精度良く座標を取得するためには、以下の方法を使用すると良い。

1. なるべく車両近くから位置を特定する(水平面の位置を写真との重ね合わせ

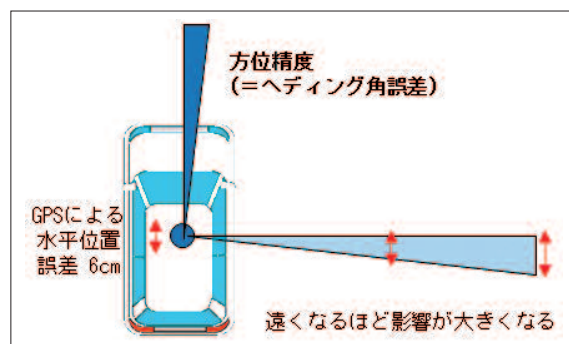


図 6 ヘディング角誤差による誤差の影響の概念図

によって補間で決める場合)。地図情報レベル 500 の精度を達成するためには概ね 6m 以内にとどめる必要がある。(MMS の水平位置の精度 6cm (rms) とヘディング角誤差 0.18° (rms) の両方の影響を考慮した場合に、25cm 以内に収まる限界の距離が約 6m である。)

2. 道路周辺の地物を取得する場合、左側車線を走行してデータを取得し、そのときの左側のデータだけを位置特定に使い、右側は使わない。右側は逆車線を走行して取得する。
3. 建物の側面などは、垂直方向にレーザが多く当たる(図 7)。このような地物は、該当する点群を上から見て回帰直線を引くことによって水平面上の線分を決定する。建物の角などは 2 つの線分の交点を計算することによって求める。
4. 境界標のような垂直な面を持たないが正確な絶対位置が要求される場所は、本報告で紹介した標定板のような標識を用いる。

6. まとめ

MMS は公共測量分野以外ではすでに幅広く活用されているが、より高い精度が要求される公共測量分野への応用に関しては精度及び正確度が要求レベルを満たしているか疑問

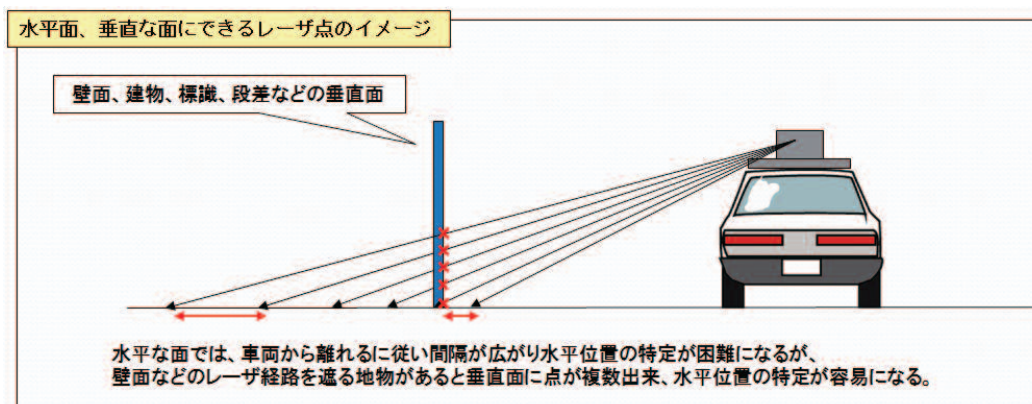


図 7 水平面、垂直面にできるレーザ点のイメージ

視する声も一部にはあった。しかし、本論で示したとおり、地図情報レベル 500 の地形測量で要求される標準偏差 25cm には十分収まる精度が得られることが確認できた。今回得られた結果では、地図情報レベル 250 の位置精度である 12cm 以内にも収まっている。また、路面標高も地図情報レベル 250 の要求精度内に収まる結果を得ることができ、相対的な高さの差も十分小さいことが確認できた。

今後は、今回検証できなかった、より高速移動時における検証や、より長い区間での精度検証を行い、より実務に沿った効率的な計測手法の確立に向けて継続的に調査研究を行っていく所存である。さらに、技術審査証明を取得している当社製品 BMB 世界座標取得システム等の座標調整の技術を応用し、本論

で用いた標識を標定に用いることによって、より位置の絶対正確度が高い座標を得ることができる製品開発および品質管理手法の確立にも取り組んでゆく予定である。

(発表日：2010 年 6 月 1 日)

飯塚 修功

s.iizuka@at41.aisantec.jp

アイサンテクノロジー株式会社

プロダクトソリューション事業部



1993 年アイサンテクノロジー株式会社。同社にて、地籍測量システム、基準点測量システム、土地家屋調査士用システム、MMS 用システム開発等に従事。現在、同社プロダクトソリューション事業部プロダクトマネージャー。