

(10) モバイルマッピングシステムの走行速度の違いによる標定点を用いた補正効果の検証

岡本 直樹¹・佐田 達典²・江守 央³

¹学生会員 日本大学大学院 理工学研究科社会交通工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail:csna15003@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail:sada.tatsunori@nihon-u.ac.jp

³正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail:emori.hisashi@nihon-u.ac.jp

MMSは走行しながら道路周辺の3次元位置情報を取得することができるが、位置精度はGNSS電波の受信状況に依存する。受信状況が良好でない区間では標定点を設置し調整処理を行うことにより位置精度が改善されるが、標定点を多く設置することでMMSの低コストかつ効率的に計測が出来る利点が損なわれてしまう。そのため標定点の配置について研究がなされているが、速度の考慮がされていないなど有効な配置について検討する余地がある。本研究では衛星電波を遮蔽した状況で計測を行い、速度を変えて計測を行った。計測データを設定した補正間隔で補正を行い、精度改善効果を評価した。結果として直線区間200mでの計測では、補正後の経過時間と共に精度が劣化することが示され、走行速度が速い方が計測に要する時間が短く、より精度良く計測が行えることが示された。

Key Words : mobile mapping system, ground control point

1. はじめに

近年、道路や橋梁のような社会インフラの維持管理用のデータとして3次元化が進んでいる。しかし、これらの社会インフラは対象物が多いため効率的な維持管理を可能とする技術が求められており、そのような技術としてモバイルマッピングシステム(図-1)(Mobile Mapping System: 以下、MMS)が注目される。MMSは走行しながら道路周辺の地形・地物等の3次元位置情報を取得することができ、取得データの位置精度はGNSS衛星からの電波の受信状況に依存する。電波を良好に受信できない箇所では慣性計測装置(Inertial Measurement Unit: 以下 IMU)を使用して補うことになる。しかし、IMUの計測値は時間とともに劣化し累積するため十分に位置精度を補うことができない。このように電波が良好に受信できないような箇所では走行距離計による制御を取り入れたり、標定点を用いた測地座標系との標定が必要となる。MMSの標準的な作業方法を示している「移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル(案)」¹⁾では100m~150mを基準として標定点を設置し調整処理を行えば十分に地図情報レベ



図-1 MMS (Trimble MX8)

ル500の精度を満たせることが確認されたと記載されている。しかし、MMSにて長距離計測を行う場合に標定点の現地計測が増え、計測にかかる時間やコストが増大してしまい、MMSの効率的且つ低コストで計測が可能という利点が失われてしまう。

既往研究では、標定点を用いた補正手法についての研究²⁾や、補正間隔を延ばすために有効な補正間隔の検討³⁾が行われている。これら既往研究の共通の課題として走行速度を考慮した検討を行う必要があることが述べら

れている。

本研究では MMS の走行速度を複数のパターンで設定して計測し、標定点を用いた位置補正を行うことで、走行速度と補正効果について検証を行う。

2. 走行速度と位置補正についての検証実験

(1) 実験概要

MMS の走行速度と標定点による補正効果の関係について明らかにするため、2015 年 8 月 24 日に日本大学理工学部船橋キャンパス交通総合試験路にて検証実験を行った。実験には Trimble MX8 を使用している。図-2 に示すように直線区間 200m を計測区間として設定した。走行速度は 10km/h から 10km/h ずつ増加させ、60km/h までの 6 パターンで設定した。計測は、加速区間にて設定速度まで加速して 200m の計測を行う。その後、減速して開始地点まで戻り、もう一度計測を行うという繰り返しの 10 回計測を行った。また各速度での計測前に 5 分間スタート地点に停止し、車載されている GNSS 装置より車両の位置を求め、累積された誤差を無くし次の速度で計測を行っている。図-3 に示すように、補正処理に用いる標定点として 180mm 角、補正による精度の評価を行うために用いる検証点として 140mm 角の反射板を使用した。それぞれ事前に TS を用いて反射板の中心座標を取得している。標定点と検証点は白線上に設置しており、走行時に MMS の車両中心が白線上に来るようにして標定点と検証点を跨ぐように走行した。設置間隔は、標定点は 25m 間隔で 9 箇所設置し、検証点は標定点間の中間 (12.5m) に 8 箇所設置した。補正間隔は 50m、100m ～200m (この間 25m ずつ増加) の 6 パターン設定した。

(2) 解析方法

計測実験を行った交通総合試験路は周囲に上空視界を遮る建物がなく、良好に GNSS 衛星からの電波を受信できる。本研究では標定点を使用した補正処理による位置精度改善の評価を行うため、GNSS 衛星からの受信データをすべて削除し、衛星電波遮蔽区間として解析を行った。しかし、計測において最初と最後は衛星受信データが必要なため、1 周目と 10 周目は衛星電波がある状態で処理を行っている。そのため解析には 2 周目～9 周目の 8 回分のデータを使用した。位置精度の比較は、TS により取得した標定点の中心座標を基準値として、MMS により計測した結果を補正し、抽出した検証点の中心座標と比較した。MX8 の仕様書⁹⁾より GNSS 信号非受信が 1 分間、1km 継続時での位置精度である水平方向 0.10m 以内、鉛直方向 0.07m 以内を目標精度とする。本研究で



図-2 計測コース

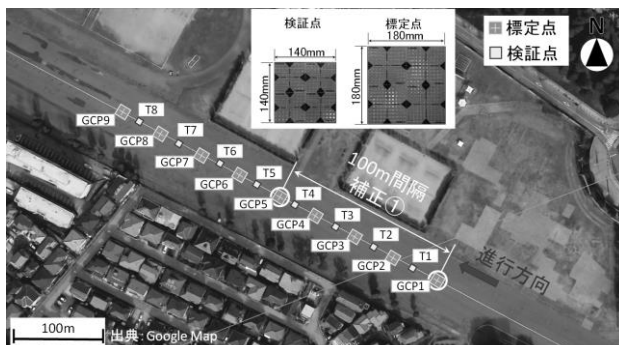


図-3 標定点と検証点の配置

は速度 10・20・40・60km/h で計測し、図-3 に示すように計測区間の半分の間隔であり、結果が明瞭であった補正間隔 100m、補正区間①についての解析結果を示す。補正に 2 点標定点を用いて補正を行っており、この標定点間を補正区間と定義する。本研究では補正間隔 100m で標定点 GCP1 と GCP5 を使用して補正処理を行っているため、GCP1 と GCP5 の間を補正区間①と定義する。2 点を使用し補正した後は補正を行っていない。解析について全速度のパターンを行うと膨大な時間を要するため、速度 30km/h と 50km/h については解析を行っていない。しかし、設定した最低速度と最高速度について解析を行い、その間の速度についても行っているため、設定した速度の全体で均等に解析を行っているため、結果に影響はないと考えられる。

3. 結果と考察

本稿では左右のレーザスキャナで計測した結果を比較したところ大きな差はなく、同様の結果が得られた事が確認されたため、左のレーザスキャナで計測した検証点の較差のグラフについて示す。図-4 に水平方向について縦軸に検証点の中心座標値を TS で計測した値と MMS で計測した値の較差と、横軸に MMS で検証点の中心座標を取得した時間を採ったグラフを示す。計測回ごとにバラつきが生じているため図-5 に示すように、元は 8 回

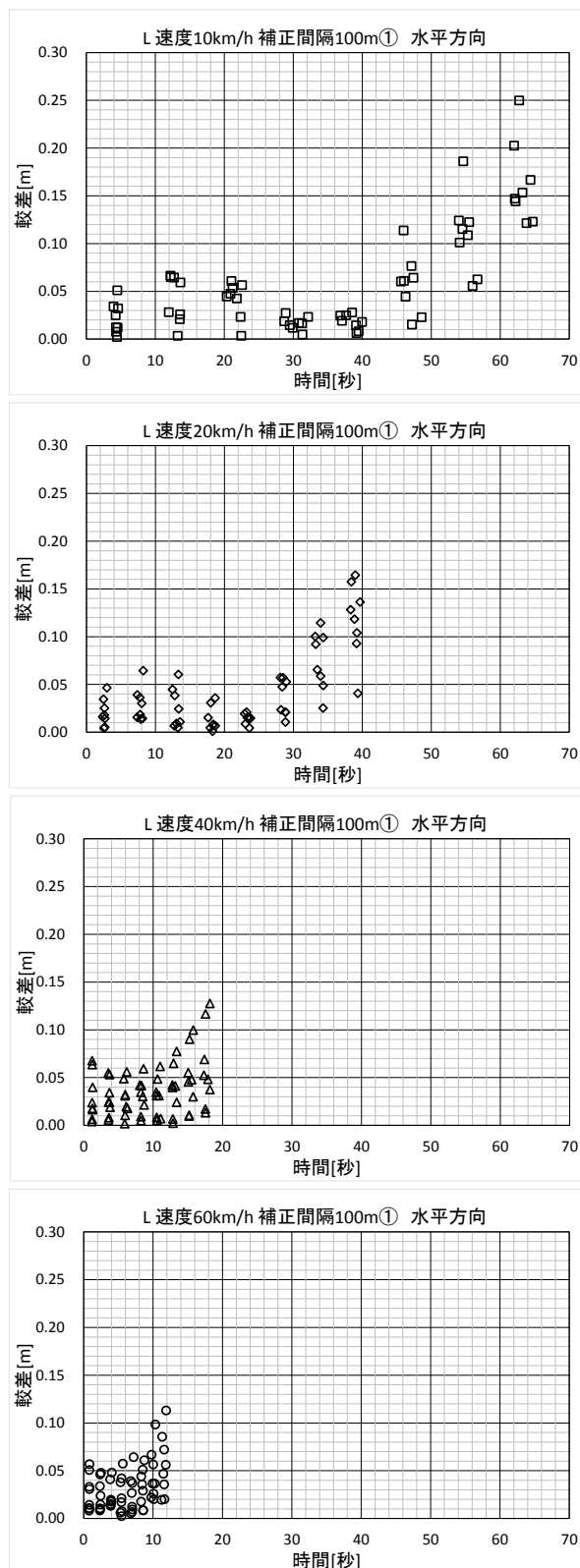


図-4 走行速度毎の各検証点の較差（水平方向）

計測した分のデータがあるが、走行速度ごとにそれぞれの検証点の較差を RMS 値として計算し、補正区間内外でグラフを分けて作成している。図-6 に補正間隔 100m、補正区間①の補正区間内、図-7 に補正区間外の水平方向と鉛直方向の結果をそれぞれ走行速度 10km/h、20km/h、40km/h、60km/h の結果を示す。縦軸に検証点の較差を採

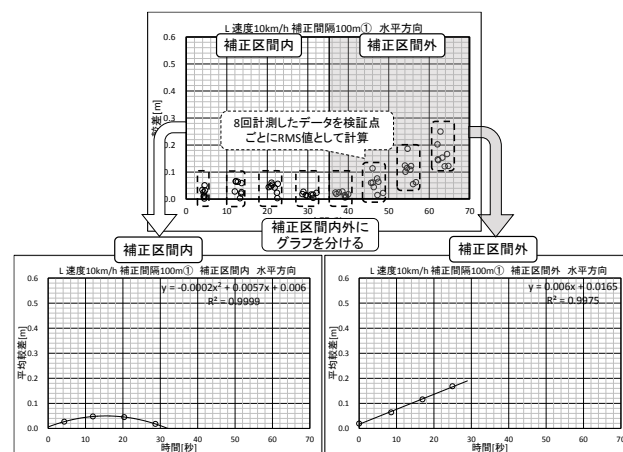


図-5 グラフの作成について

り、横軸には補正区間内のグラフは GCP1 の中心座標を計測した時間を基準に、補正区間外のグラフは GCP5 の中心座標を計測した時間を基準として、それぞれ検証点の中心座標を計測した時間に較差をプロットしている。また検証点の較差と時間の関係を見るため近似曲線を多項式近似で次数を 2 に設定し描いている。描いた近似曲線の数式と決定係数 R^2 値は上から順に 10km/h、20km/h、40km/h、60km/h と表示している。

目標精度について、補正区間内では水平方向、鉛直方向共に目標精度を満たしていることが確認された。水平方向の補正区間外では、今回の計測で低速にあたる速度 10km/h では T7 と T8、速度 20km/h では T8 で目標精度を満たしていなかった。それぞれ図-7 の補正区間外のグラフより計測した時間を見ると、速度 10km/h で T7 を計測した時間が 16.93 秒、速度 20km/h で T8 を計測した時間が 15.93 秒であった。今回の結果より、補正に使用した最後の標定点を計測してから約 15 秒間は水平方向で目標精度を満たすことが出来たが、速度 10km/h では検証点 T7 と T8、速度 20km/h では検証点 T8 を計測した時間が超えたため目標精度を満たさなかったことが考えられる。速度 40km/h と 60km/h は補正区間外において目標精度を満たしており、補正に使用した最後の標定点から 15 秒以内に計測が終了していることが確認できる。鉛直方向では速度 60km/h は補正区間外においても目標精度を満たしていたが、速度 10km/h、20km/h、40km/h において計測の最後の方の検証点 (T7 や T8) において目標精度を満たしていない箇所が確認された。

近似曲線について、補正区間内の両端は補正に使用した標定点付近であるため較差が小さく、ほとんどの結果で山形になったことが確認された。水平方向の較差についてのグラフでは、それぞれの走行速度でほとんど違いがなく、同様の較差の増加傾向が確認された。そのため水平方向に関して、補正を行った後の較差の増加は速度の変化によらず計測が終了するまで同様に増加していく

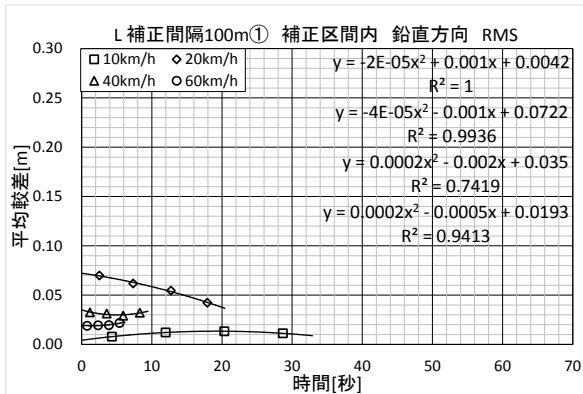
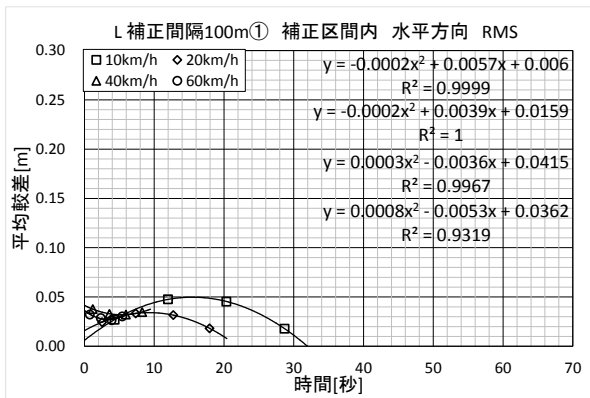


図-6 補正間隔 100m, 補正区間① 補正区間内の較差

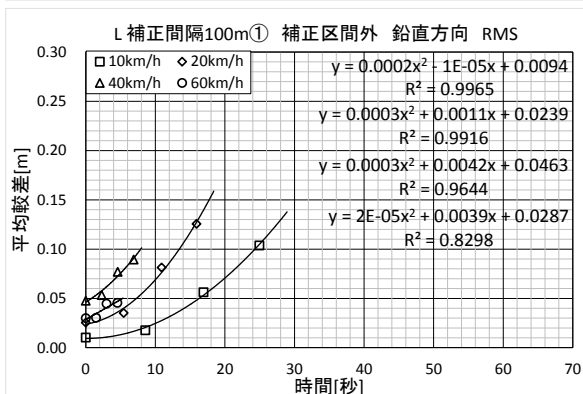
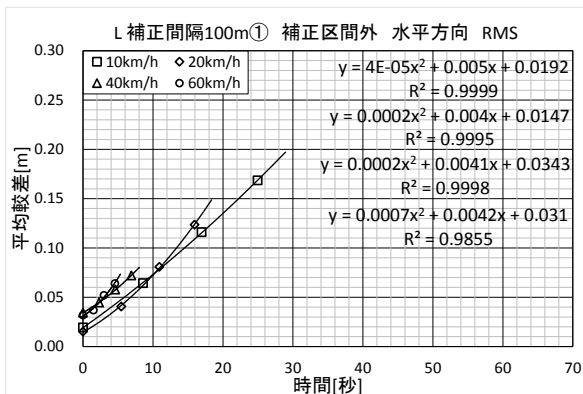


図-7 補正間隔 100m, 補正区間① 補正区間外の較差

可能性が考えられる。鉛直方向では走行速度によって異なる増加傾向が確認された。また鉛直方向では速度 40km/h の結果まで目標精度を満たしていない箇所があるため、水平方向と比較して目標精度を満たしていない箇所

所が多くあり、水平方向と比較し、鉛直方向は補正の効果が小さいことが考えられる。

以上より速度が速いほうが計測時間が短く、較差が増大する前に計測を行えることが確認できる。また水平方向と比較し、鉛直方向では補正による較差改善の影響が小さいのではないかと考えられる。

4. おわりに

本研究では、MMSの走行速度を変化させて計測を行い、計測データを標定点を用いて補正処理をし、補正による位置精度の改善と計測に要する時間との関係について検証した。その結果、計測時間が短い方が較差が増大する前に計測が終了するため、補正を行った結果、より良い精度となるため、同一の補正区間においても走行速度が速いほうが精度が良い事、水平方向においては速度が異なっても補正後からの較差の増加に同様の傾向があることが確認された。本研究は直線区間200mという限定的な環境であるが、カーブや実際の交通に合わせて計測し、位置精度と計測に要する時間について詳しく見ていくことにより、MMSに搭載されたIMUの特性について把握することが出来、あらかじめ誤差の累積について予測することが可能になると考えられる。

謝辞：実験を行うにあたりご協力頂いた株式会社ニコン・トリンプルの塩崎周様、岩上弘明様にここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土地理院：移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル（案），<http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/download/mms_manual.ppp>，（入手 2016.6.29）。
- 2) 今西 暁久，平尾 公孝，橋 菊生，間野 耕司，石井 一徳，富樫 健司：GPS衛星不可視区間におけるMMS計測データの高精度化の検討，応用測量論文集，Vol.22，pp13-24，2011。
- 3) 岩上弘明，岡本直樹，佐田達典，池田隆博，金網淳次：モバイルマッピングシステムの計測精度向上に向けた調整用基準点の有効間隔の検証，応用測量論文集，Vol.26，pp95-104，2015。
- 4) 株式会社ニコン・トリンプル：Trimble MX8，<http://www.nikon-trimble.co.jp/products/pdf/geospatial/trimble_mx8.pdf>，（入手 2016.6.29）。