

i-Construction を視野に入れた MMS による起工測量での精度検証

安藤ハザマ 正会員 ○木付 拓磨 正会員 早川健太郎
 正会員 黒台 昌弘 正会員 足立 有史
 朝日航洋(株) 非会員 白石宗一郎 非会員 大伴 真吾

1. はじめに

国土交通省が推進する i-Construction では、UAV（無人航空機）による写真測量やレーザスキャナ（LS）による 3 次元の出来形管理に関する基準類が整備され、2016 年度から実工事に導入されている。一方、車両にレーザ計測装置や全方位カメラ等の計測装置を搭載し、走行しながらデータを収集する MMS（Mobile Mapping System）は、UAV や LS と同様に 3 次元出来形計測が可能であることから、道路および道路附属物の 3 次元形状データの取得や道路台帳附図などの地図作成に利用されており、今後、広範囲に及ぶ造成工事等での適用が期待されている。そこで、こういった工事での MMS の活用を視野に入れて、実際の ICT 活用工事の現場において MMS による起工測量を試験的に実施することで、精度検証および適用性の評価を行った。

2. MMS を用いた土工出来形計測の手順

筆者らは、MMS 計測による土工出来形管理の効率化および高度化を図る目的で、「3D モデルによる土工出来形管理の効率化・高度化のための MMS 計測マニュアル（案）」（以下、MMS 計測マニュアルという）を 2015 年 3 月に独自に作成し、運用を開始している。

MMS 計測マニュアルには、計測計画、標定点設置、計測、解析処理、評価等の方法が実例を交えて記載されている。それらの全体の流れを表す作業フローを図-1 に示す。同フローは、公共測量で使用される国土交通省「作業規程の準則」を基に作成されており、このプロセスで取得した成果は公共測量成果と同等の品質であることを示している。さらに、同フローでは精度管理の考え方を充実させ、①計測データの品質の判定（簡易解析処理）として解析結果の評価、②現場内に配置した精度検証点を用いた計測精度の確認（詳細解析処理）の 2 段階の方法を採用している。

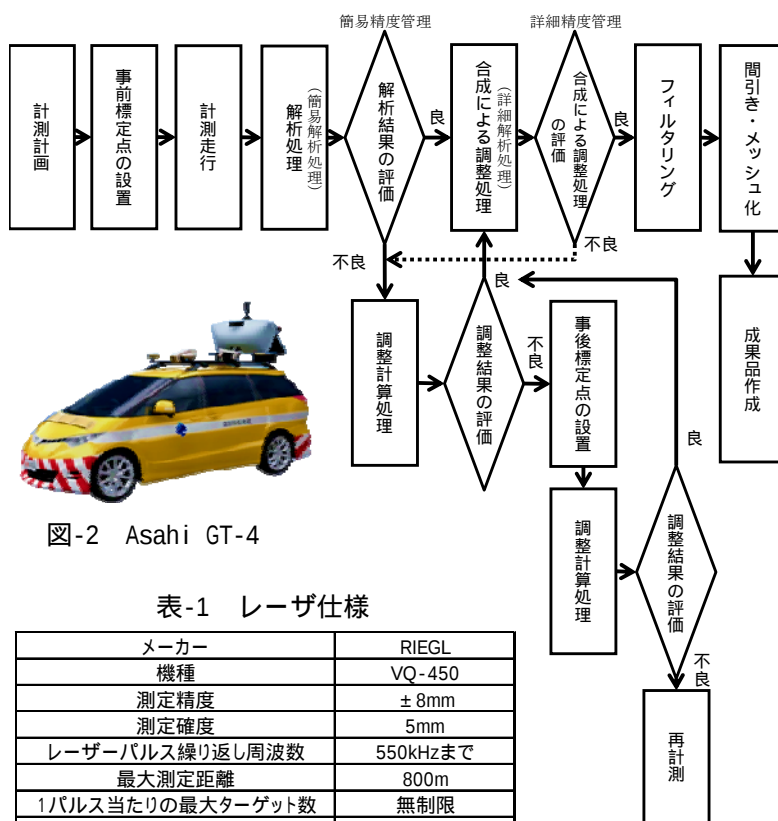


表-1 レーザ仕様

メーカー	RIEGL
機種	VQ-450
測定精度	± 8mm
測定確度	5mm
レーザーパルス繰り返し周波数	550kHzまで
最大測定距離	800m
1パルス当たりの最大ターゲット数	無制限
最大有効測定レート	550,000回測定/秒
スキャン速度	200scans/secまで

図-1 作業フロー

3. MMS 計測による起工測量

MMS 計測マニュアルに基づき、国土交通省東北地方整備局発注で ICT 活用工事の国道 283 号釜石西地区道路改良工事において、MMS による起工測量での現況地形の計測を行い、取得した 3 次元データの精度を検証した。

計測には、朝日航洋が所有する Asahi GT-4（図-2）の MMS を用いた。また、搭載しているレーザは、RIEGL の VQ-450 であり、その仕様を表-1 に示す。

キーワード i-Construction, MMS, MMS 計測マニュアル, 起工測量, 土工出来形管理, 精度検証

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 土木事業本部 技術第二部 TEL.03-6234-3672

MMS の走行ルートおよび標定点・検証点の配置を図-3に示す。計測箇所は、延長が約 1.0km 区間の中に伐採・集積が完了した高さ 50m 程度の 2 つの山（計測箇所①，②）である。その山裾にある川の兩岸の道路を往復走行し、計測を行った。標定点は走行ルートの始終点に設置し、検証点は標定点間の中間に 1 箇所あるいは 2 箇所設置した。計測距離は図-4 に示すように、最大 150m 程度である。計測はレーザの点群間隔や計測距離を変化させて行った。計測条件を表-2 に示す。

4. 計測結果および評価

計測後の解析処理は作業フローにしたがって行った。まず、計測中に取得した GNSS (汎地球測位航法衛星システム) および IMU (慣性計測装置) データを解析し、任意座標系の生データを測量座標系に変換処理する「簡易解析処理」を行い、標定点の 3 次元座標と実測値との較差を算出した。精度の目安として地図情報レベル 500 の基準を適用し、水平・高さ方向で標準偏差 25cm 以内であることを確認した。次に、同一区間や隣接区間にある複数の計測データを 1 つに統合する「詳細解析処理」を行い、「簡易解析処理」の判定基準と同様の精度があることを確認した。

計測された 3 次元点群データが公共測量成果と同等の精度を有することが確認できたため、工事範囲内の切土山における現況地形の点群データに対する精度検証を行った。検証方法は、表-2 における全 CASE のデータについて、伐採後の切株の 3 次元座標と実測値との較差を算出した。計測箇所①で検証に用いた切株の位置を図-5 に示す。また、図-4 に示した計測距離毎の精度結果を表-3 に示す。これより、水平および高さの較差は、計測距離の増大に従い、平均値、標準偏差ともに大きくなる傾向があることが分かる。また、MMS 計測マニュアルで規定されている標準偏差 25cm を確保し、i-Construction の基準である起工測量での要求精度 10cm を満たすためには、100m 程度の距離までが有効範囲であるといえる。紙面の制約上結果の詳細を割愛するが、点群の密度が精度に与える影響は特に無く、取得密度の設定を変更した場合でも均質なデータが得られていることを確認している。

5. まとめ

筆者らが独自にまとめた MMS 計測マニュアルに沿って、MMS による切土山の起工測量を行い、その結果、10cm 程度の計測精度で点群を取得できることがわかった。また、計測精度は計測距離に依存するため、最大 100m 程度の範囲内において計測することで、適切な精度を保持した点群が得られるといった知見も得られた。今後は i-Construction において、MMS による土工の出来形測量への適用性を図るために、最適な標定点の設定方法や計測方法等、精度向上のための検討を実施し、課題を抽出したいと考えている。

謝辞 本論文をまとめるにあたり、国土交通省東北地方整備局南三陸国道事務所には貴重な資料を使用させていただいた。ここに記して謝意を表します。

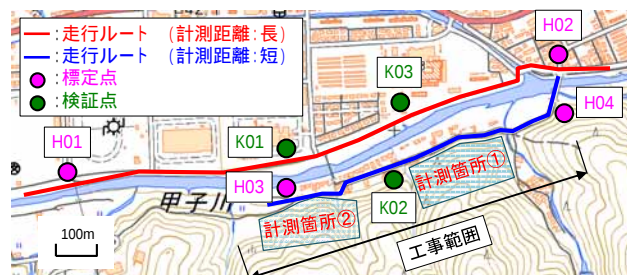


図-3 走行ルートおよび標定点・検証点配置図

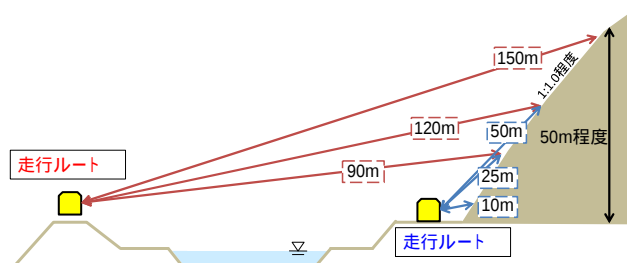


図-4 計測距離

表-2 計測条件

CASE	走行ルート	計測距離	レーザ発射数	点間隔
1	(往復)	90m ~ 150m	密	14cm程度
2	(往復)	10m ~ 50m		3cm程度
3	(往復)	90m ~ 150m	中	25cm程度
4	(往復)	10m ~ 50m		6cm程度
5	(往復)	90m ~ 150m	粗	50cm程度
6	(往復)	10m ~ 50m		12cm程度

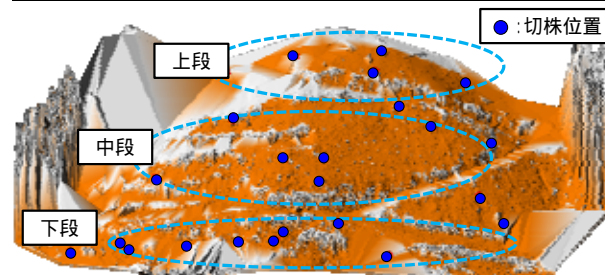


図-5 切株位置

表-3 切株位置での較差（計測箇所 ①）

計測距離	平均値		標準偏差	
	水平(m)	高さ(m)	水平(m)	高さ(m)
10m	0.078	0.040	0.041	0.036
25m	0.111	0.067	0.063	0.086
50m	0.108	0.063	0.055	0.093
90m	0.091	0.265	0.056	0.121
120m	0.132	0.305	0.092	0.135
150m	0.156	0.297	0.078	0.185