

ULS と MMS の併用測量における計測誤差の要因とその解消方法

大成建設(株) 正会員 ○忠野 祐介
(株) 小林コンサルタント 非会員 新井 好実, 清水 光晴, 伊藤 星也

1. 目的

造成工事現場などの広大なエリアでの地形測量においては、運土・土配計画の管理、土量変化率の精査のため、短時間でかつ正確に測量することが求められる。著者らは、UAV 搭載型レーザースキャナ (ULS) と車両搭載型レーザースキャナ (MMS) での併用測量と、得られた点群データの合成により、両者の特性を活かして計測死角の少なく、かつ比較的短時間に広域計測が可能な測量方法について検討している。今回、ULS と MMS の点群データの合成において、両者間の較差が大きくなった断面を抽出し、その原因について考察を行った。その上で、ULS の飛行計画の見直しや、抽出する点群データの整理により較差の低減を図ったので、その内容について報告する。

2. 第1回計測

(1) 使用機材

表-1 に機材の仕様を示す。UAV は Matrice 600Pro を用い、レーザは YellowScanSurveyor (YellowScan 製)、MMS には、TOPCON IP-S3HD1 を使用する。

(2) 比較エリアの概要

造成現場内の全域約 37 万 m^2 で ULS と MMS の併用測量を行った。本稿における比較エリアは最大高さ 20m、勾配 1:1.2 の切土法面である。エリアの周囲には樹木が繁茂しており、法尻部にはアスファルト舗装された工事用道路がある。

(3) 計測計画

図-1 に比較エリアの計測計画と点群データを示す。ULS は i-Construction における精度確認試験結果(要求精度:起工測量 $\pm 100\text{mm}$ 以内)から最大対地高度 40m、有効計測角 38 度、航行速度 4.0m/s とした。一方、MMS は法尻部の工事用道路を 5.6m/s で走行し 360 度全周計測とした。なお、両者の点群データは、造成現場内に設置された全検証点において $\pm 100\text{mm}$ 以内であり、i-Construction 起工測量の要求精度¹⁾を満足した。

(4) 計測結果と誤差要因の分析・考察

比較エリア内で特に高低差が大きい断面を抽出し、それぞれで得られた計測データの標高値を比較する。図-2 に、点群データから地表面のみを残し作成した横断面図、および横断面図から 500mm 間隔で標高値を抽出し、ULS と MMS の較差を整理した結果を示す。なお、

表-1 レーザー仕様

計測方法	ULS	MMS
スキャナ	Velodyne VLP-16	Velodyne HDL-32
レーザークラス	Class1	Class1
到達距離	100m	100m
精度	$\pm 30\text{mm}$	$\pm 20\text{mm}$
センサ	16ch	32ch
点密度	300,000 点/秒	700,000 点/秒

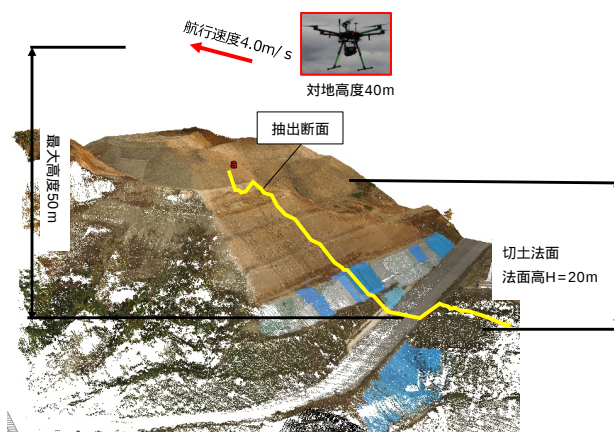


図-1 第1回計測の計測計画と点群データ

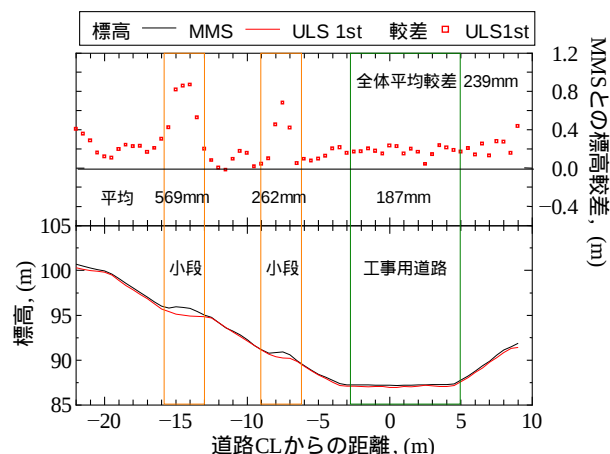


図-2 横断面図と MMS との標高較差 (第1回)

キーワード UAV, ドローン, ULS, MMS, レーザ

連絡先 〒163-6008 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設(株) 東京支店 TEL 03-3348-1111

横断面図の作成に当たっては「三次元点群を使用した断面図作成マニュアル(案)(国土地理院)平成 29 年 3 月」に準拠した。図-2 上段より、ULS と MMS の較差は、工事用道路と切土小段部で多く現れている。工事用道路については、ULS からは最も遠く、MMS からは最も近い計測点であること、工事用道路の舗装面は黒色であり、レーザーの反射強度が相対的に低いことから、両者の較差が大きくなったと考えた。次に切土小段部においては、法尻部を走行する MMS からは死角になりやすいため、MMS での計測精度が低下するため較差が大きくなったと推察された。較差の主な要因として、工事用道路については計測対象までの距離が遠い ULS にあると考え、対地高度、航行速度、飛行航路について見直しを行い、第 2 回計測の飛行計画を立案した。

3. 第 2 回計測

(1) 精度向上に向けた飛行計画の変更点

使用機材および計測エリアは、第 1 回と同様である。図-3 に比較エリアの計測計画と点群データを示す。第 1 回の誤差要因を受け、ULS の飛行計画を変更した。まず、対地高度を 30m に下げることによって、距離によるレーザーの減衰を軽減した。次に、航行速度を 3.5m/s に落とし点群密度の向上を図った。さらに、高低差に応じた対地高度が確保できるような飛行航路に変更した。

(2) 計測結果と考察

第 1 回目と同様に要求精度 $\pm 100\text{mm}$ を満たしている点群データから横断面図を作成する。図-4 に、第 1 回目と同様に 500mm 間隔で標高値を抽出し、ULS と MMS の較差を求めた結果を示す。ULS の飛行計画を変更したことにより、比較エリア全体の較差が低減された。特に工事用道路における較差低減は顕著である。このことから、ULS の飛行方法の見直しにより、ULS と MMS との併用測量における全体の測量精度の向上に寄与することが分かった。一方、切土小段部においては、第 1 回目と同様に MMS との標高値の較差は大きい結果となり、法尻付近で走行する MMS から小段部は計測死角になりやすく精度が低下しやすいため、ULS の計測結果との比較を行い、MMS による計測死角になる箇所の点群を適切に除外することで、全体の計測精度向上に寄与すると考える。

4. まとめ

ULS の飛行計画の見直しにより計測精度の大幅な向上が確認された。検証点以外のポイントでの精度保証は難しく、特に起工測量など全体工程において 1 回の計測しか行われない場合は、それらの誤差を見つけることは容易ではない。UAV を用いた空中写真測量においては、UAV の飛行計画が重要であることが知られているが、本稿での検討結果から、ULS においても使用するレーザースキャナの性能・計測特性を十分に把握した上で、地形特性に応じた飛行計画を立案することが非常に重要であることが示された。また、法尻から MMS によって小段を計測する場合には、死角になりやすいため、ULS による計測と併用し、適切に点群を除外することで、より精度の高い計測結果が得られることが示された。

参考文献

- 1) 無人航空機搭載型レーザースキャナを用いた出来形管理要領(土工編)(案)平成 30 年 3 月 国土交通省

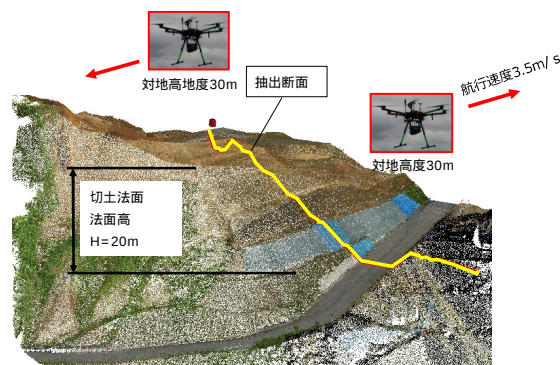


図-3 第 2 回計測の計測計画と点群データ

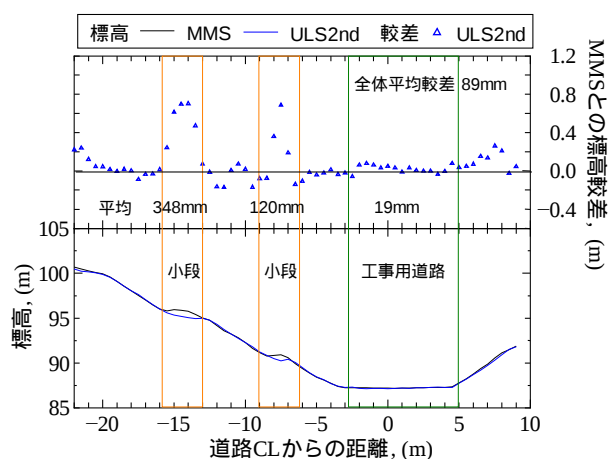


図-4 横断面図と MMS との標高較差 (第 2 回)