

地上型レーザースキャナーの計測精度に関する研究

日本大学 学生会員 ○樋口 智明
 日本大学 正会員 佐田 達典
 日本大学 正会員 江守 央
 株式会社フィールドテック 正会員 村山 盛行
 株式会社フィールドテック 正会員 福森 秀晃

1. はじめに

出来形管理では主に巻尺、レベルを用いて幅、長さ、高さの計測が行われてきた。しかし2016年より国土交通省が取り組んでいる i-Construction において、生産性向上が目標とされており、地上型レーザースキャナー（以下、TLS）、UAV（ドローン）、GNSS 等を出来形管理に導入することが進められている。TLS では、2017 年3月に国土交通省の地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（案）の土工編と舗装工事編¹⁾が改訂され、今後、利用が増加すると見込まれる。

本研究では、出来形管理要領（舗装工事編）（案）（以下、管理要領）の精度確認試験方法に沿って、複数の性能の異なる TLS で計測を行い、平面方向や鉛直方向の計測精度を求め、機種別の性能が精度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

(1) 計測方法

本研究では、表-1に記載されている TLS を用いて実験を行った。

TLS の照射間隔は、 0.20° 、 0.10° 、 0.08° 、 0.06° （LMS-Z210 は 0.18° 、 0.108° 、 0.072° ）（VZ-400i は 0.01° も含む）に設定した。また、TLS の照射部の高さを1.5mと設定した。管理要領では $1\text{m} \times 1\text{m}$ に100点以上照射されていることが条件とされており、式(1)を満たす最大距離を求めた。

$$\frac{\tan^{-1} \frac{L+0.5}{h}}{\alpha} \times \frac{1}{2L \tan \frac{\alpha}{2}} \geq 100 \quad (1)$$

α : 照射間隔 ($^\circ$)

L : 機器位置から照射点までの水平距離 (m)

h : TLS の照射部の高さ (m)

その結果を照射間隔毎に表-2に示す。

平面方向の精度を検証するために、図-1のように10m以上離れた2つのターゲットを設置した。設置場所は表-2で求めた最大距離の外側で、トータルステーション（以下、TS）であらかじめ2つのターゲットの中心座標を計測した。2つのターゲットは、3次元的な精度確認を行うため高低差がつくように設置する。

鉛直方向の精度を検証するために、図-2のように $1\text{m} \times 1\text{m}$ の検査面を設置し、レベルを用いて四隅の標高を求めた。

表-1の4機種を用いてターゲットと検査面を含む範囲で設定した照射間隔で計測する。

表-1 各機種の性能

機種名	(A) LMS-Z210	(B) LMS-Z360i	(C) LMS-Z420i	(D) VZ-400i
スキャナー画像				
測定精度	25mm	12mm	8mm	5mm
測定レート	10,000点/秒	12,000点/秒	11,000点/秒	500,000点/秒
ビームの広がり角	3mrad	2mrad	0.25mrad	0.35mrad
最長測定距離	340m	200m	1000m	800m
照射間隔($^\circ$)	計測時間			
0.20	0'23"	0'22"	0'22"	0'06"
0.10	1'06"	1'30"	1'30"	0'22"
0.08	2'30"	2'21"	2'21"	0'34"
0.06	—	4'10"	4'09"	1'00"
0.01	—	—	—	11'46"

表-2 照射間隔と最大距離

照射間隔($^\circ$)	0.20	0.10	0.08	0.06	0.01
最大距離L(m)	10	16	19	23	70



図-1 ターゲットの設置

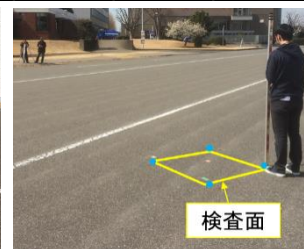


図-2 検査面

キーワード：地上型レーザースキャナー TLS 計測精度 出来形管理要領 舗装工事

連絡先：〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科 空間情報研究室 TEL047-469-8147

(2) 解析方法

計測で得た点群データを解析して、平面方向、鉛直方向の精度を検証する。平面方向の精度は、10m以上離して設置したターゲット間距離をTSとの差を求める。鉛直方向の精度は、1m×1mに照射された点群の鉛直方向の座標の平均値とレベルの四隅の平均値との差、標準偏差、最大値と最小値の差を比較する。

3. 実験結果と考察

(1) 平面方向の精度

表-2で求めた最大距離におけるTLSのTSとの実測値の差を、表-3、図-3に示す。

すべての機種と距離で管理要領の平面方向の要求精度である±20mmを満たしている。VZ-400iは4機種の中で最も高性能であり、それに応じた結果となった。

表-3 平面方向の実測値とTSとの差

機器からの距離 (照射間隔)	(A) LMS-Z210			(B) LMS-Z360i		
	TS実測値(m)	TLS実測値(m)	TSとの差(m)	TS実測値(m)	TLS実測値(m)	TSとの差(m)
10m(0.20°)	12.425	12.406	-0.019	12.425	12.433	0.007
16m(0.10°)	12.187	12.180	-0.007	12.221	12.220	-0.001
19m(0.08°)	12.500	12.507	0.008	12.515	12.514	-0.002
23m(0.06°)	-	-	-	12.319	12.317	-0.002
70m(0.01°)	-	-	-	-	-	-

機器からの距離 (照射間隔)	(C) LMS-Z420i			(D) VZ-400i		
	TS実測値(m)	TLS実測値(m)	TSとの差(m)	TS実測値(m)	TLS実測値(m)	TSとの差(m)
10m(0.20°)	12.412	12.395	-0.017	12.397	12.388	-0.009
16m(0.10°)	12.197	12.194	-0.003	12.214	12.213	-0.001
19m(0.08°)	12.536	12.526	-0.010	12.526	12.525	-0.001
23m(0.06°)	12.363	12.360	-0.004	12.302	12.302	0.000
70m(0.01°)	-	-	-	12.419	12.423	0.004

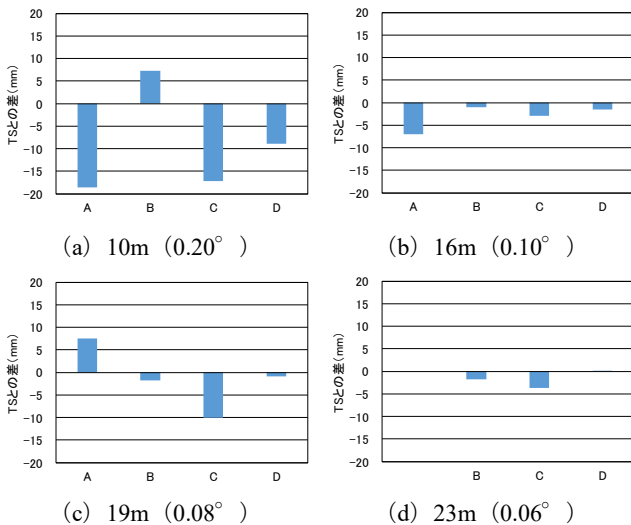


図-3 機種毎のターゲット間距離のTSとの差

(2) 鉛直方向の精度

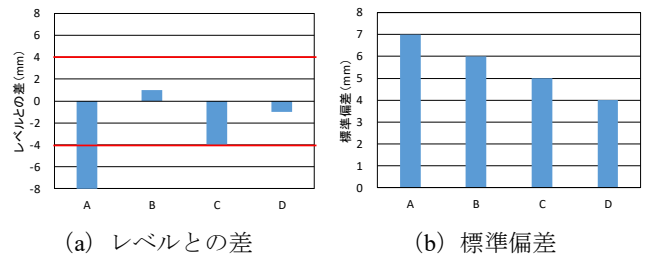
表-2における照射間隔 0.08°，機器設置位置から19m地点でのTLSとレベルの平均値の差、標準偏差、最大値と最小値の差を表-4、図-4に示す。また、検査面の点群照射画像を表-5に示す。

LMS-Z210を除いた3機種は、管理要領の鉛直方向の要求精度の±4mmを満たしている。LMS-Z210は測定精度、ビームの広がり角が大きいことから、すべての結果が大きい値となった。一方、VZ-400iでは機種が高性能

能であることや、表-5より1m×1mの検査面に満遍なく照射されていることにより値も最も小さくなった。また、表-1の機種の測定精度が小さいほど、標準偏差、点群のばらつきが小さくなった。

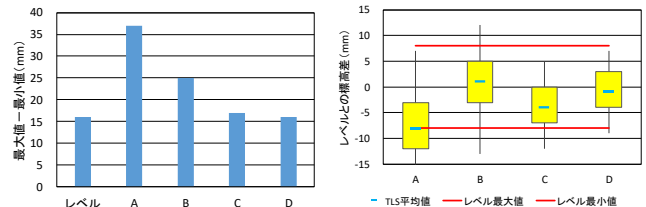
表-4 TLSとレベルの標高計測値比較

機種名	レベル	(A) LMS-Z210	(B) LMS-Z360i	(C) LMS-Z420i	(D) VZ-400i
平均値(m)	28.077	28.069	28.078	28.073	28.076
レベルとの差(m)	-	-0.008	0.001	-0.004	-0.001
標準偏差(m)	-	0.007	0.006	0.005	0.004
最大値(m)	28.085	28.084	28.089	28.082	28.084
最小値(m)	28.069	28.047	28.064	28.065	28.068
最大値-最小値(m)	0.016	0.037	0.025	0.017	0.016



(a) レベルとの差

(b) 標準偏差



(c) 最大値と最小値の差

(d) 点群の分布

図-4 機種毎の鉛直方向の比較図

表-5 1m×1mの照射画像と点群数

機種名	(A) LMS-Z210	(B) LMS-Z360i	(C) LMS-Z420i	(D) VZ-400i
照射画像 (1m×1m)				
点群数(個)	140	115	111	112

4. おわりに

本研究では、管理要領に沿って複数の異なる性能のTLSの特性を検証した。平面方向の精度は、すべての機種で要求精度を満たした。また、鉛直方向の精度では、LMS-Z210を除く3機種は要求精度を満たすことができた。VZ-400iは最も測定精度が高く、他機種と異なり点群が満遍なく照射される特徴により、最も良い結果が得られたと考えられる。

今後は、異なる形状の地形の計測を行い、機種ごとの特性の把握をすることや、VZ-400iの管理要領の要求精度を満たす最大距離と照射間隔の検討のための検証を行う。

参考文献

- 国土交通省：地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（舗装工事編）（案），平成29年3月。