

F1-2

舗装工事における地上型レーザースキャナーの計測精度に関する研究

Study on the Accuracy of Measurement by TLS in Pavement Work

○樋口智明<sup>1</sup>, 佐田達典<sup>2</sup>, 江守央<sup>2</sup>

\*Tomoaki Higuchi<sup>1</sup>, Tatsunori Sada<sup>2</sup>, Hisashi Emori<sup>2</sup>

Abstract : The purpose of this research is to investigate the accuracy of TLS, which is attracting attention as one of investigative techniques for introducing management system by i-Construction in pavement work. The accuracy was compared by various TLS using the management system guideline. The standard deviation became smaller according to the performance of the model. Even using a device with good performance, the accuracy became lower due to external factors.

1. はじめに

現在, 日本の建設施工では, 2016 年から国土交通省が取り組んでいる i-Construction により, 生産性向上が目標とされている. 出来形管理では, 巻尺, レベルを用いて計測していたが, 地上型レーザースキャナー (以下, TLS), UAV (ドローン), GNSS の導入が進められている. TLS では, 2016 年 3 月に地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領 (案) の舗装工事編<sup>[1]</sup>が公表され, 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 (案) に定められた, 精度確認試験の条件の下, 複数の TLS で計測を行い, 鉛直方向, 平面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

本研究では日本大学理工学部船橋校舎交通総合試験路で Table 1 に示す 4 機種を用いて実験を行った.

レーザの照射間隔は Table 1 に示している設定で行った. また, 本研究では鉛直方向と水平方向のレーザの照射間隔を同一とし, TLS の器械高を 1.5m と設定した. 出来形管理要領では, 1m×1m に 100 点以上照射されていることが計測可能距離とされており, 各照射間隔におけるその最大距離を式(1)により求めた.

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

$\alpha$  : 照射間隔 (°)

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)

式(1)の設定した照射間隔毎の結果を Table 2 に示す.

TLS から Table 2 の距離に Figure 1 のように実験場所を設ける. 鉛直方向の精度検証は, レベルで検査面の四隅の計測を行う. 鉛直方向の精度検証は, トータルステー

ション (以下, TS) で高低差のついた 2 つのターゲットの中心座標の計測を行う.

Table 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, 各照射間隔で計測を行う.

Table 1. Main characteristic of TLS




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	10000点/秒	12000点/秒	11000点/秒	50000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 (°)	計測時間 (水平方向45°)			
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"
※LMS-Z210は0.18°, 0.108°, 0.072°				

Table 2. Maximum ranges corresponding to point groups

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

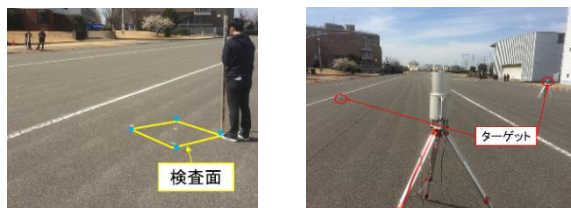


Figure 1. Installation method

(2) 解析方法

計測で得た点群データを解析し, 鉛直方向, 平面方向の精度を検証する. 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を比較する. 平面方向の精度は, 設置したターゲット間距離を TS との差を求める.

1 : 日大理工・院 (前)・交通, 2 : 日大理工・教員・交通,

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 鉛直方向の精度

照射間隔  $0.08^\circ$  , TLS 設置位置から 19m 地点にある検査面の TLS とレベルの平均値の差, 標準偏差, 最大値と最小値の差, 点群の分布を Table 3, Figure 2 に示す. また, 検査面の点群照射画像を Figure 3 に示す.

出来形管理要領の鉛直方向の要求精度は, 表層表面で  $\pm 4\text{mm}$  以内である. LMS-Z210 は, Figure 2 より, 点群取得数は他機種よりも多いが, 最大値と最小値の差が大きく, ばらついているため, 精度が劣化した. また, 標準偏差は機種のパフォーマンスに応じて小さくなっている.

#### (2) 平面方向の精度

Table 2 で求めた最大距離における TLS と TS との実測値の差を, Figure 4 に示す. また 19m 地点のターゲットの点群照射画像を Figure 5 に示す.

出来形管理要領の平面方向の要求精度は, 表層表面で  $\pm 10\text{mm}$  以内である. LMS-Z420i は LMS-Z360i よりも機種のパフォーマンスが良いが TS との差が大きくなった. Figure 5 よりノイズが精度の劣化に影響したと考えられる.

### 4. おわりに

本研究では, 出来形管理要領 (案) に沿って複数の性能の TLS の精度を検証した. 機種のパフォーマンスに応じて標準偏差は小さくなるが, 性能の良い機種であっても, 外的な要因がある場合には, レベルや TS との差が大きくなることも考えられる.

今後は, 実際の出来形管理を想定して, TLS, 巻尺, レベル, TS を用いて実験を行い, 作業性, 計測時間, 処理時間等の比較も検討していきたい.

Table 3. Elevations by TLS and Level

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

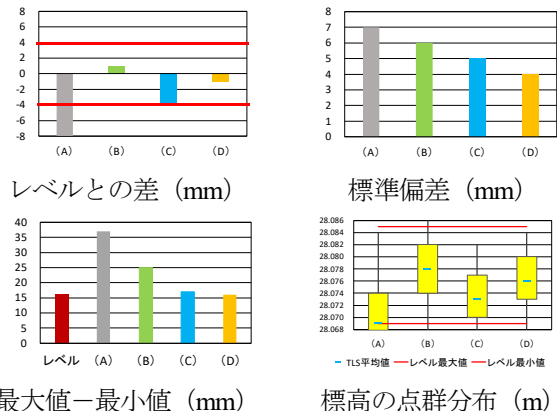


Figure 2. Comparison of various vertical directions

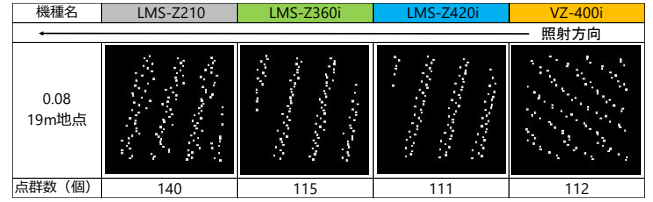


Figure 3. Image of point on the ground surface

Table 4 Distance comparison between TLS and TS

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	12.528	-0.010	12.528	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

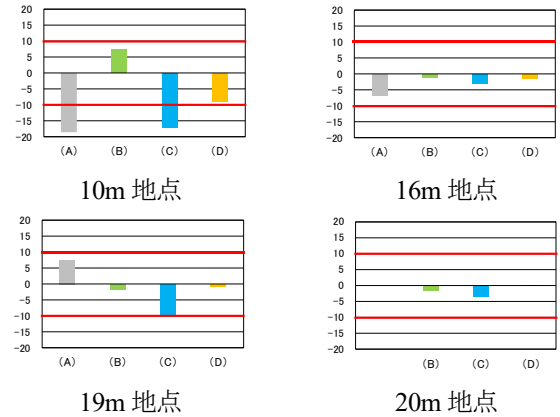


Figure 4. Difference distance between TLS and TS (mm)

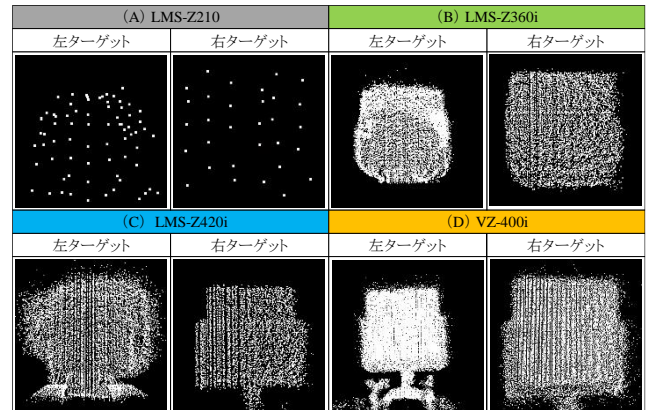


Figure 5. Image of points on the target

### 謝辞

実験にご協力いただいた, 株式会社フィールドテックの村山盛行氏, 清水哲也氏, 福森秀晃氏に心より謝意を表す.

### 参考・引用文献

- [1] 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 (舗装工事編) (案) pp.1-58,2018.
- [2] 樋口智明, 佐田達典, 江守央, 村山盛行, 福森秀晃:地上型レーザースキャナーの計測精度に関する研究, 平成 30 年土木学会全国大会.