

地上レーザスキャナの測定精度に与える照射角度の影響に関する実験的考察

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○井口 重信
東日本旅客鉄道(株) 正会員 高見澤拓哉

1. はじめに

地上レーザスキャナ（以下、TLS）の活用が土木分野においても活用が進んでいるが、構造物の完成形の計測に活用するには、その精度を担保することが必要になる。筆者らは、これまで測定対象物までの距離、色や材質、レーザ光とのなす角度 θ に着目し、実験的検討を行ってきた¹⁾²⁾。その結果、測定対象物までの距離が 50m までの範囲であれば、測量機ごとに測定精度とレーザ反射強度には関係があり、測定精度に与える要因として角度 θ の影響が大きいことが分かった。しかし、角度 θ が測定精度に与える影響は、距離、色や材質に比べ反射強度の低下に伴う測定精度の低下率が大きかったことから、その原因について考察を加えたので、以下にその概要を述べる。

2. 試験の概要

試験は屋内の気象等の影響を受けない環境下で実施した。TLS の設置点から距離 10m, 30m の位置に、レーザ光の照射方向とのなす角度 θ を 0, 30, 45, 60, 70, 80, 85 度と変えたターゲットを設置した（図-1）。各ターゲットは 500mm×500mm の正方形の白色平板で、精度評価ではエッジ部分のデータを取り除き中心部の 400×400mm の箇所のデータを用いた。また、精度評価は、ターゲットの厚さ方向（Z 方向）の誤差の標準偏差を用い、基準となる真値には得られた各点群データの平均値を用いた。計測に用いた TLS は異なるメーカーの 4 機種（A～D）で、測定方式および測定ピッチ等は表-1 の通りである。

3. 試験結果

製品 B および C の反射強度と Z 方向誤差の標準偏差の関係を図-2 に示す。なお、図-2 には参考文献 1) に示す、距離及び、色や材質を変えた試験結果についても合わせて示す。図-2 より、B, D とともに Z 方向誤差の標準偏差は、反射強度の低下に増大する傾向があった。また、どちらも色や距離による Z 方向誤差の標準偏差の低下に比べ、角度による Z 方向誤差の標準偏差の低下の方が著しい結果となった。この傾向は、他の製品 A, C も同じであった。

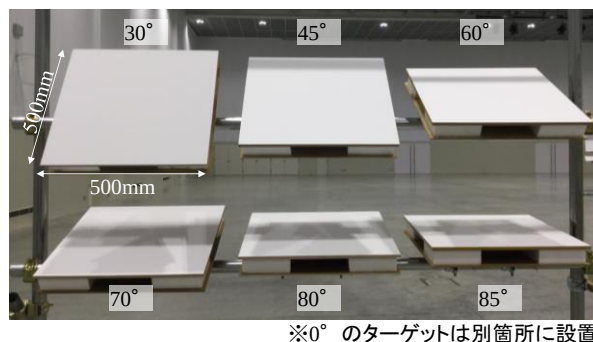


図-1 測定ターゲット

表-1 各製品の測定方式・ピッチ

製品	測定方式	測定ピッチ (10m)	スポット径	
			カタログ値	算出値 (10m)
A	位相差	6.1mm	0.3mrad	3.0mm
B	TOF	6.3mm	<0.23mrad	2.3mm
C	TOF	7.5mm	6-10-34mm@10-30-100m	6.0mm
D	TOF	6.2mm	$\phi \leq 4\text{mm}(1 \sim 20\text{m})$	4.0mm

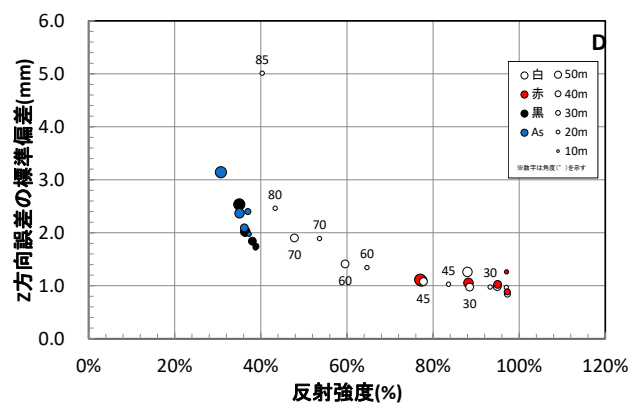
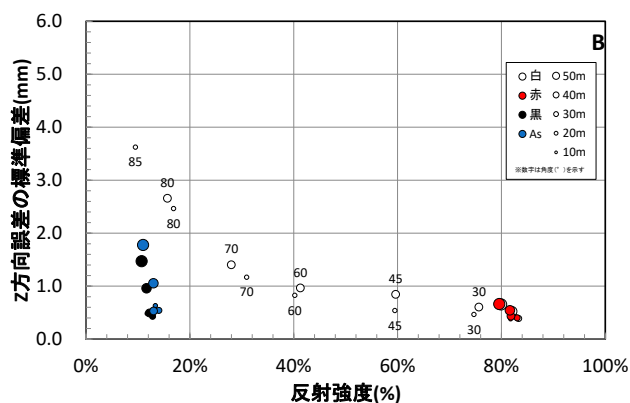


図-2 反射強度と Z 方向誤差の標準偏差

キーワード 地上レーザスキャナ, 点群データ, 反射強度, 精度

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町 6 番 26 号 東日本旅客鉄道(株)上信越工事事務所 TEL (027) 324-9369

4. 考察

測定精度に与えるレーザ照射角度の影響が大きくなった原因を以下で考察する。今回試験に用いた TLS の使用範囲は 100m を超える範囲で使用可能なものであることから、試験を実施した 10～50m の測定範囲では、距離の増大によるスポット径の拡大は微小と考えられる。一方、角度によるスポット径のレーザ照射方向への増加率は大きく、幾何学的に考えると 60° では 2 倍、 80° では 5.7 倍以上に拡大する計算となる（図-3）。そこで、スポット径の厚さ方向への拡大成分をスポット径比と定義し、これと Z 方向誤差の標準偏差の関係について検討した（図-4）。その結果、B～D の各製品では、スポット径比が 6.0 以下（角度 $\theta=80^\circ$ 以下）の範囲で、スポット径の比と Z 方向誤差の標準偏差が線形の関係にあることが分かった。また、傾きの値はいずれも 0.43～0.53 の範囲内にあり、測定距離や製品によらずほぼ同じであった（図-5 上）。これは、反射強度と測定精度の関係が測量機ごとに固有の性質であると考えられるのに対し、製品種別によらずほぼ一定値となることから、前述のような理論的に定まる原因と考えるのが妥当だと考えられる。一方、製品 A については、測定距離により傾きの値が異なる結果となった（図-5 下）。これは製品 A のみ測定方式が異なることも原因にあると推察される。

5. まとめ

地上レーザスキャナの測定精度に与える照射角度の影響について、本試験の範囲内で以下のことが分かった。

- (1) レーザ照査角度の与える影響が大きくなる要因は、スポット径の拡大の影響が支配的だと考えられる。
- (2) TOF 方式の TLS では、レーザ照査方向へのスポット径の拡大率と Z 方向誤差の標準偏差の関係は線形であり、その関係は測定距離や機種に依存しないと考えられる。

レーザ照射角度の影響についてスポット径との関係で定義が可能となれば、角度以外が起因となる各機種固有の反射強度と測定精度の関係を事前に得おくことで、測定精度を担保した測量が可能になるものと思われる。

参考文献

- 1) 井口 重信, 高見澤 拓哉; 地上レーザスキャナの精度に関する実験的検討(照射角度), 土木学会第 73 回年次学術講演会, 6-739, 2018. 8
- 2) 高見澤 拓哉, 井口 重信; 地上レーザスキャナの精度に関する実験的検討(距離, 色); 土木学会第 73 回年次学術講演会, 6-740, 2018. 8

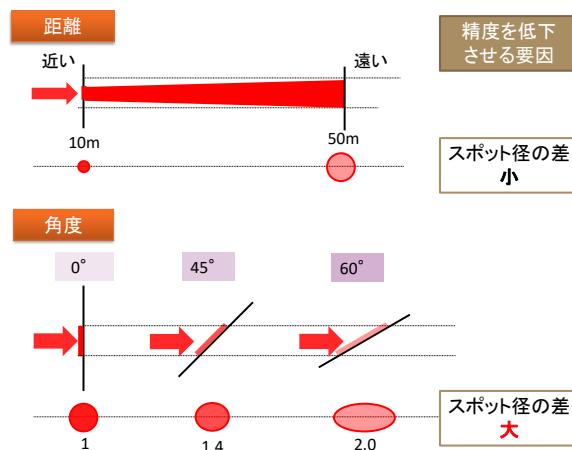


図-3 測定精度を低下させると考えられる要因

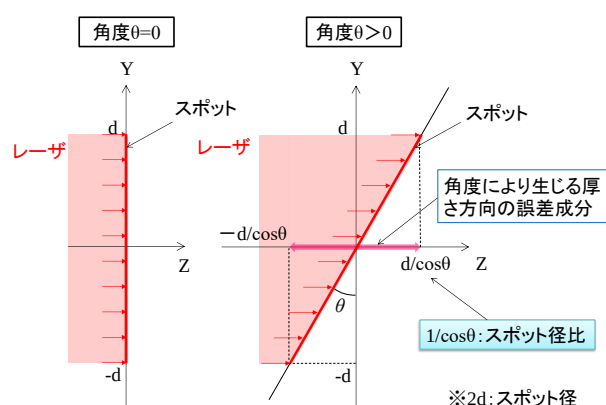


図-4 スポット径の拡大率（スポット径比）

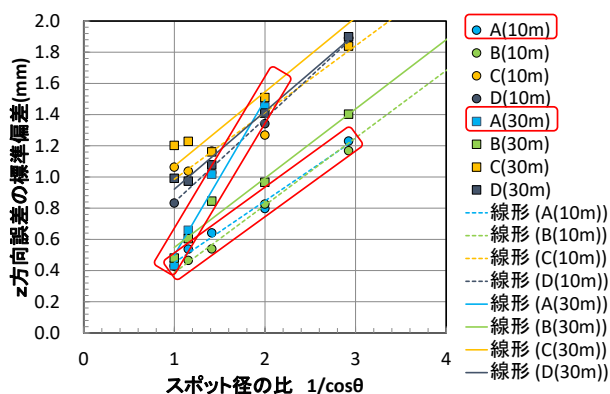
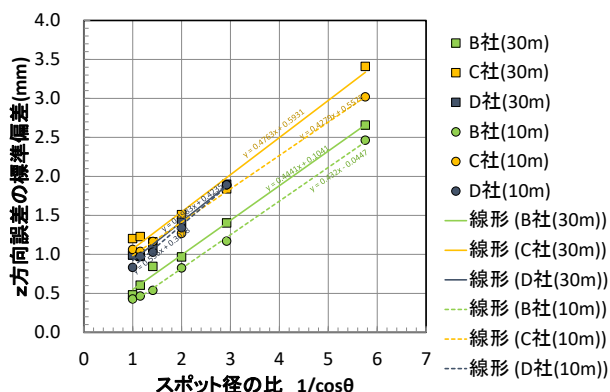


図-5 スポット径比と Z 方向誤差の標準偏差