

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）

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）は、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¹⁾。特に、鉄道構造物などでは、1mm単位の精度が要求される箇所もあり非常に重要となる。例えば、乗降場の形状を計測する場合、軌道中心からホーム端までの水平・鉛直距離、あるいはホーム端から最短距離にある柱、壁までの距離などは列車運行やお客様への影響が大きく、厳正な管理が必要となる（図-1）。そこで、本稿では、TLSのレーザ光が測量対象に当たるときのレーザ光と対象物の角度に着目し、その精度について実験的に検討したので、以下にその概要を記す。

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10mおよび30m離れた位置に、レーザの照射方向と角度 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 85^\circ$ に傾斜を設けたターゲットを設置し、そのターゲットに照射されたレーザの座標値(X, Y, Z)および反射強度Iを抽出し、精度を検証することとした。ターゲットは500mm×500mmの平板で表面には白色紙を貼付した（図-2上）。試験に用いたTLSは、クラス1のレーザ強度のものから、位相差方式およびTOF方式を含む4社の製品を選定した。試験で利用した測定モード(機械から10m位置での点ピッチ)を表-1に示す。

3. 試験結果

TLSにより取得した点群の例を図-2下に示す。30°のものは反射強度が80%前後に近いが、85°になると10%に近くなり反射強度が小さくなった。なお、0°は10mのターゲットで約5,000点の取得点数であり、85°になると500点ほどの取得点数となった。図-3に0°の場合のレーザ照射方向の取得座標値(Z座標)と、各Z座標値に取得点数の分布を示す。ターゲット位置はZ座標が0mmの位置であることから、手前側3.47mm、奥側3.39mmとなるデータが存在した。取得点数の分布は概ね正規分布となり、既往の試験結果と同様の結果となった¹⁾。

4. 精度の検証

4. 1 精度の検証方法

精度はレーザの照射方向であるZ方向の座標値で行った。データ

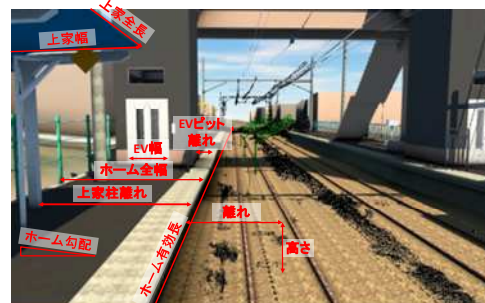


図-1 計測必要箇所の例

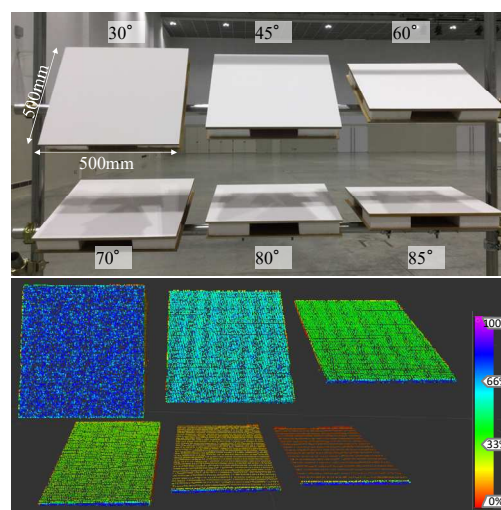


図-2 ターゲットと測定結果

表-1 測定モード

A	B	C	D
6.1mm	6.3mm	7.5mm	6.2mm

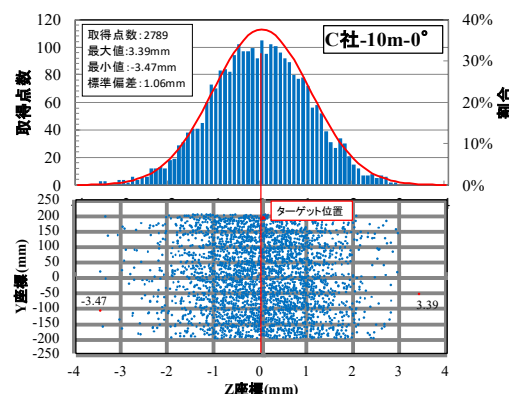


図-3 取得点群の例

キーワード 地上レーザスキャナ, TLS, 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

の整理手順を図-4 に示す。ターゲット位置については、測定データの重心位置にあると仮定し、重心位置を原点とした座標軸を考え、Z 方向誤差を算出した。Z 方向誤差は、30° 以上のターゲットについては、ターゲットの厚さ方向 (Z' 方向) の誤差を算出し、そこから Z 方向の誤差 $\angle Z$ を算出した (図-5)。

4. 2 Z 方向誤差の測定精度

図-6 にターゲットの角度と Z 方向誤差の標準偏差の関係を示す。10m と 30m の距離の差異についてはあまりみられず、各製品ともに 60° 付近まではほぼ一定の標準偏差で推移し、その後急激に標準偏差が増大する傾向となった。60° 付近までの標準偏差は、A, B が C, D よりも標準偏差が小さく、距離による差はなかった。図-7 に 10m の場合のターゲットの角度と反射強度の平均値と、二次関数での近似曲線を示す。いずれの製品においても角度と反射強度の関係は二次関数で相関よく近似ができた。製品ごとにみると、A は 100% から 65% 程度までしか反射強度が低下しないのに対し、B は 80% から 10% 程度まで反射強度が低下していたことから、製品により反射強度の測定レンジに差異があるものと思われる。図-8 に 10m の場合の反射強度の平均値と Z 方向誤差の標準偏差の関係を示す。いずれの製品も反射強度の低下とともに標準偏差も低下するが、製品ごとに反射強度があまり低下しないもののほうが標準偏差の低下が大きかった。

5. まとめ

レーザの照射方向とターゲットの角度が精度へ与える影響について実験的検討を行ったところ、本試験の範囲において次のことが分かった。①ターゲット角度が 60° 以下では 10m, 30m の両方でいずれの製品でも標準偏差が 2.0mm 以内の精度となったが、60° を超えると急激に増大する。②ターゲット角度と反射強度の関係は二次関数で相関よく近似できるが、反射強度の測定レンジには製品ごとに差異がある。③反射強度の低下とともに標準偏差が増大するが、反射強度があまり低下しないもののほうが標準偏差の低下が大きかった。

参考文献

- 1) 鹿田 正昭 ; 地上型レーザースキャナーデータ計測の標準化に関する調査研究, 2012. 11
- 2) 高見澤拓哉ら ; 3 次元点群データを用いた測量精度に関する実験的検討. 2017. 9, 第 72 回土木学会全国大会

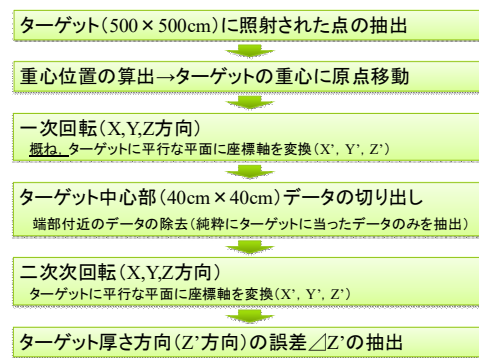


図-4 データの整理手順

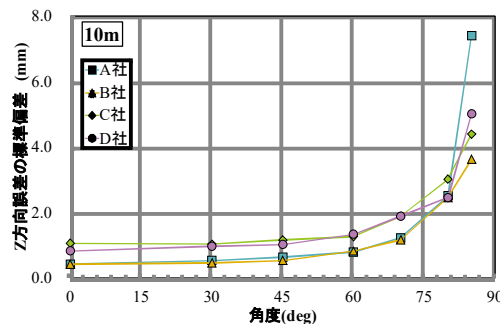


図-6 角度とZ方向誤差の標準偏差の関係

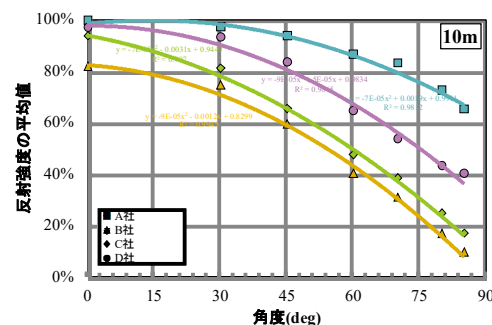


図-7 角度と反射強度の関係

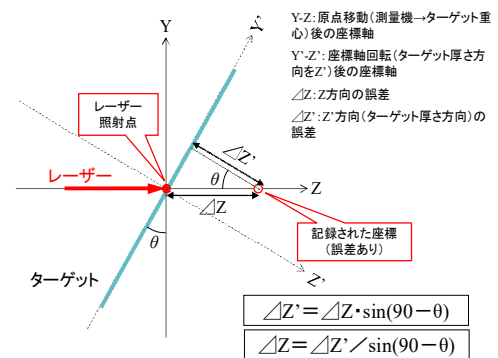


図-5 Z 方向誤差の算出方法

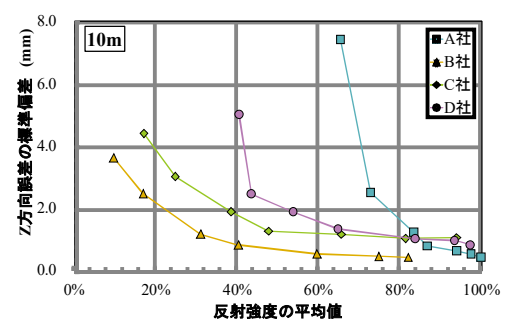
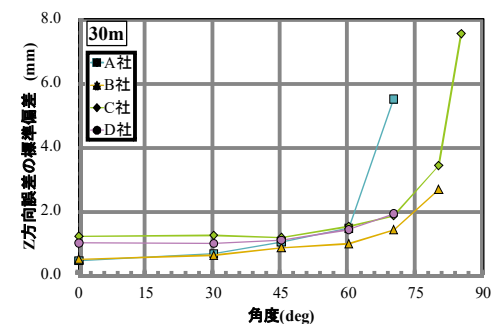


図-8 反射強度と標準偏差の関係