

SLAM レーザスキャナでの直角ターゲットの有効性について

国際航業株式会社 公共コンサルタント事業部 空間基盤技術部
○川又 楓太 榎本 みな 高野 敦 大泉 純也 檀上 拓也

1 はじめに

昨今、建築・土木業の生産性向上を目的とした i-Construction が推進され、測量により作成した三次元点群データの共通利用を促進することで建設生産システム全体の生産性向上を目指す動きがある。三次元点群測量の新たな手法として、計測機器の自己位置を推定すると同時に三次元点群を取得する SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術を用いた SLAM レーザスキャナによる測量が注目されている。手持ちタイプの SLAM レーザスキャナ (以下、手持ちレーザスキャナと呼ぶ) は軽量かつ、歩くだけで計測が可能であるため、従来の測量では取得が難しい詳細部の計測での利用や、作業効率の向上に対する寄与が期待できる機器である。

2 検証内容

地形測量および応用測量における手持ちレーザスキャナの実用化を目指して、手持ちレーザスキャナの利活用ファーストステップとして座標変換を効率的に行うために、一般的な球ターゲットを用いた場合と我々が考案した直角ターゲットを用いた場合の座標変換の精度を比較し、手持ちレーザスキャナにおける直角ターゲットの有効性の検証を行った。

また、取得した点群データと横断測量の実測データ及び据置型レーザスキャナで取得した点群データから作成した横断線を比較し、手持ちレーザスキャナの地形測量の補備測量における活用可能性の検証も行った。

3 検証方法

本検証には GeoSLAM 社の ZEB-HORIZON (手持ちレーザスキャナ) と Trimble 社の Trimble SX10 (据置型レーザスキャナ) を使用した。本検証の流れを図 1 に示し、調整点で使用するターゲットには図 2 に示すような据置型レーザスキャナで一般的な球ターゲットと、我々が考案した直角ターゲットの 2 種類を使用して座標変換の精度の検証を行った。検証エリアは図 3 に示す通り、路線測量において基準点が中心線付近に配置された場面を想定し、調整点を直線上、かつ、等間隔で設置が可能な府中市内の多摩川の河川敷を検証場所とした。また、調整点の両側及び調整点間の中間に検証点を計 11 か所に設置した。

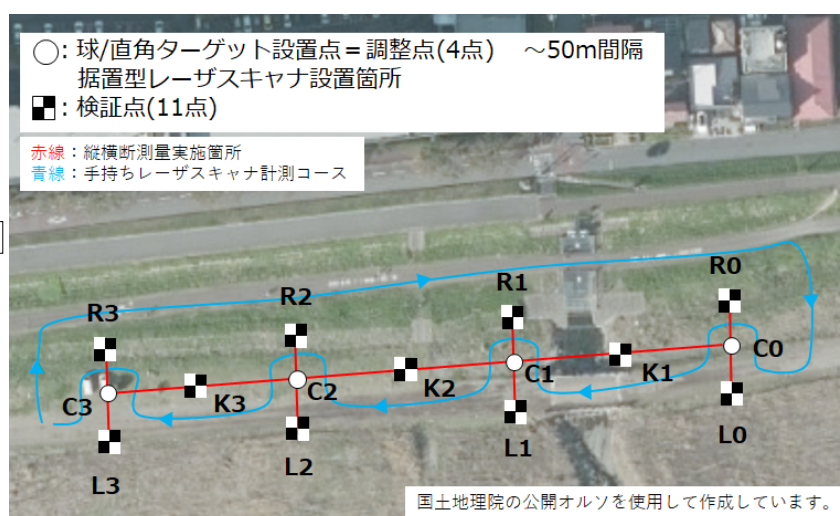
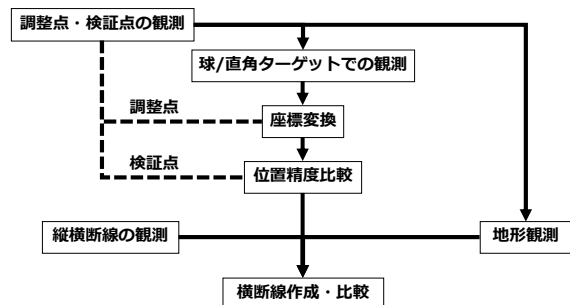
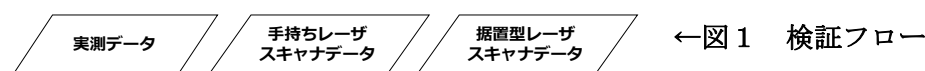


図 3 検証エリア

←図 2 使用した球ターゲット(左)と直角ターゲット(右)

4 検証結果

●手持ちレーザスキャナにおける直角ターゲットの有効性の検証

観測した座標値を用いて 2D ヘルムート変換及び高さの平均計算を行った結果を表 1、表 2 に示す。なお、球ターゲットは、ターゲットに当たった点群データのみを抽出し、計算プログラムを介して最小二乗法により球の中心の座標値を推定した。対して、直角ターゲットは CAD 上にて 2 枚の平面の接合線の上端を線で描画し、その交点の座標値を抽出した。それぞれのターゲットの標準偏差を見ると、座標変換時において直角ターゲットでも球と同等の精度を確保できる点や、座標の標定時の誤差軽減のために点群から判読しやすい形状である点において、直角ターゲットは有効と判断できる。

表 1 座標変換誤差一覧(球)

表 2 座標変換誤差一覧(直角)

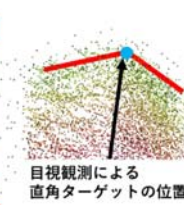
<球ターゲット> 縮率 0.9987535

対応座標	X誤差	Y誤差	XY誤差	Z誤差
C0	-0.013	0.003	0.013	0.166
C1	0.006	-0.003	0.007	0.029
C2	0.026	-0.002	0.026	-0.109
C3	-0.020	0.003	0.020	-0.086
残差最大値	0.026	0.003	0.026	0.166
残差最小値	-0.020	-0.003	0.007	-0.109
標準偏差	0.021	0.003	0.018	0.109



<直角ターゲット> 縮率 0.9986498

対応座標	X誤差	Y誤差	XY誤差	Z誤差
C0	-0.008	-0.003	0.008	0.109
C1	0.007	0.001	0.007	0.021
C2	0.010	0.008	0.013	-0.064
C3	-0.009	-0.006	0.011	-0.066
残差最大値	0.010	0.008	0.013	0.109
残差最小値	-0.009	-0.006	0.007	-0.066
標準偏差	0.010	0.006	0.010	0.072



・手持ちレーザスキャナの地形測量の補備測量における活用可能性の検証

本検証で測量した 4 断面 (C0~C3) のうち代表的な断面の結果を図 4 に示す。手持ちレーザスキャナで取得した点群データは左右の高さ方向の誤差も少なく、手持ちレーザスキャナは概ね地形に沿って観測できていると判断される。また、据置型レーザスキャナでは一部草の上を観測している箇所が確認できるが、観測するコースによっては遮蔽物があっても地表面を観測できることから、実測と近似した観測が可能である。加えて、手持ちレーザスキャナを使うことにより作業時間を約 1/4 に短縮できると試算され、作業者の身体的負担の軽減が期待できる。以上のことから、手持ちレーザスキャナは地形測量の補備測量において十分利用できると考えられる。

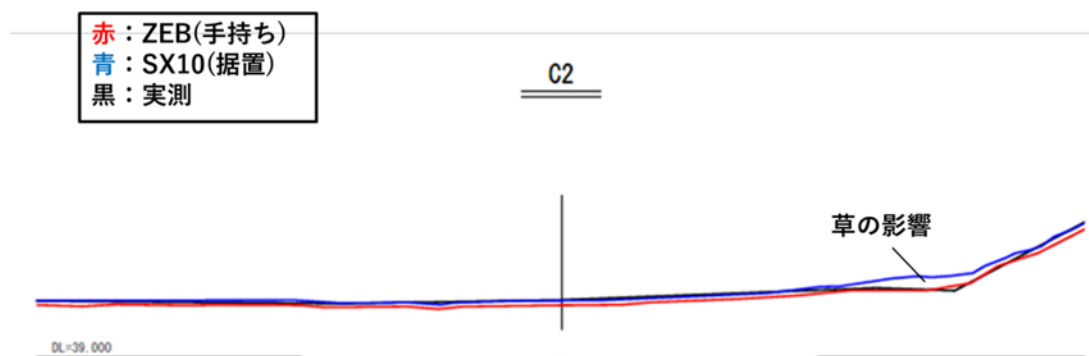


図 4 実測データと点群データの横断面比較

5 結論

手持ちレーザスキャナを使用して得られた計測データから、我々が考案した直角ターゲットの有効性及び地形測量における実用化について検証を行った。その結果、座標変換において球ターゲットと同等の精度であり、標定時の誤差を軽減するためにも点群から判読しやすい形状であることから、直角ターゲットは有効であると判断できた。また、手持ちレーザスキャナは、観測するコースによっては遮蔽物があっても地面を照射するため実測と近似した観測が可能となり、作業時間の短縮や作業者の身体的負担の軽減に期待できると判断できた。今後は、①ターゲットの設置回数やターゲット間の距離の妥当性の検討 ②SLAM の自己位置推定の影響を因るため、人工の特徴点を設置した観測方法の検討 ③平野部/都心部/山間部での効率的な観測方法の検討 ④調整点を面的に配置することによる精度への影響度の検討 ⑤高さ方向の補正方法についての検討が必要であると考えている。