第VI部門

2026年9月3日(木) 13:00 ~ 14:20 | 3号館2階24（北海学園大学）

計測技術(1)

座長：前﨑 貴博（清水建設）

13:10 ~ 13:20

[VI-510] 起伏のある実環境におけるTLSとLiDAR SLAMの比較検証

*向平 政義[1]、塚崎 翔太[1]、上田 浩章[1]、菅谷 美幸[1]、竹谷 俊[2]、佐藤 徹哉[2]、鈴木 祐太[3]、笹川 淑雅[3]、和田 英二[3] (1. 八千代エンジニヤリング株式会社、2. 青森県東青県土整備事務所、3. 株式会社平成測量)

キーワード：地上型レーザースキャナー、LiDAR SLAM、点群データ、差分解析、ヒートマップ

起伏のある実環境を対象に,地上型レーザースキャナ（TLS）とLiDAR SLAMの比較検証を行った.その結果,LiDAR SLAMは現地計測時間をTLSに比べ約90%短縮し,要求点密度達成率でもTLSを上回った.データ作成までの総作業時間や,平坦部における計測精度は両者で同程度であった.以上より,効率性と精度の観点から,TLSの代替としてLiDAR SLAMの活用が十分に有効であることが,本検証によって確認された.

© 2026 Japan Society of Civil Engineers

起伏のある実環境における TLS と LiDAR SLAM の比較検証

青森県東青県土整備事務所　正会員　竹谷　俊　非会員　佐藤　徹哉
八千代エンジニヤリング株式会社　正会員○向平　政義　正会員　塚崎　翔太
非会員　上田　浩章　非会員　菅谷　美幸
株式会社平成測量　非会員　鈴木　祐太　非会員　笹川　淑雅　非会員　和田　英二

1. はじめに

近年，i-Construction の推進により 3 次元点群データの活用が進む中，地上型レーザースキャナ（以下 TLS）は高精度な計測手法として普及している．しかし，TLS は据え置き型であるため，広範囲や起伏地においては機器据付や座標付与に多大な労力を要する課題がある．一方，自己位置推定技術を用いた LiDAR SLAM（以下 SLAM）は移動計測が可能であり，作業効率化が期待される．本稿では，TLS と SLAM の比較検証を行い，効率性と精度の観点から TLS の代替として SLAM が適用できるか検証する．

2. 計測概要

2.1 対象現場と条件

計測範囲は，河川を跨ぐ A=0.004km^2 の領域である．現地は起伏があり，草類が生い茂る地形となっている．本検証の特徴として，SLAM は草類の伐採前（**写真-1**），TLS は草類の伐採後（**写真-2**）に計測を実施している．本検証では草類の伐採前後で SLAM の植生透過能力（草類の隙間から地表を計測する能力）がどの程度 TLS 計測結果に近似できているか検証する．



写真-1 草類伐採前



写真-2 草類伐採後

2.2 使用機器と計測手法

TLS：計 19 地点に計測機器を据付し計測を行った．別途基準点･水準測量を実施し，計測作業後，平面直角座標を付与した．

SLAM：ハンドヘルド型のため徒歩で計測を行った．なお，GNSS（RTK）により計測と同時に，点群データに平面直角座標は付与される．

3. 計測結果

3.1 作業効率（計測時間とデータ作成）

TLS の 1 箇所当り計測時間は 5 分を要した．計測後，機器移動や設置時間を含め 1 箇所当りの所要時間は平均 10 分を要した．全 19 地点の計測時間は，計 190 分となった．一方，SLAM は徒歩による移動計測であり，全範囲 20 分で完了した．計測時間を比較すると，SLAM は TLS に比べ約 90%短縮された．現場作業時間の短縮は作業員が複数人必要であることを考えると，効果が高いと言える．**図-1** に SLAM と TLS の作業時間の内訳を示す．計測後のデータ解析時間は共に 120 分であったが，データ編集時間に差が生じた．これは，SLAM のデータ取得量が TLS の 6 倍と多くフィルタリングに時間がかかったためである．

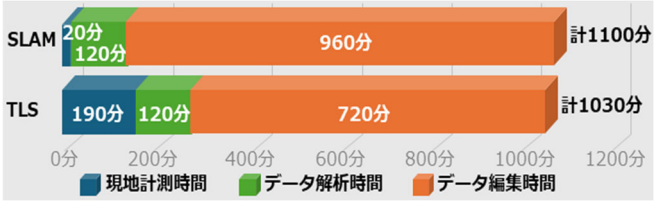


図-1 SLAM と TLS の作業時間

3.2 データ品質（要求点密度達成率）

取得した点群データについて，数値地形図作成（レベル 500）を利用目的とした要求点密度（標準値 400 点/m^2 以上）を満たしているか確認した（**図-2**，**図-3**）．

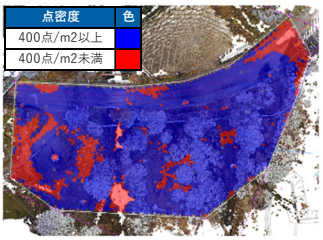


図-2 TLS 点群

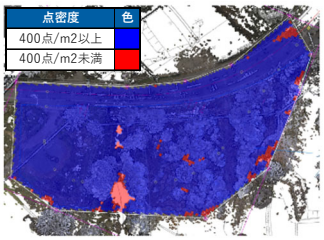


図-3 SLAM 点群

キーワード　地上型レーザースキャナー，LiDAR SLAM，点群データ，差分解析，ヒートマップ
連絡先　〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8　CS タワー　TEL03-5822-7035

© Japan Society of Civil Engineers

その結果，TLS は達成率 82.8%，SLAM は達成率 96.1%となり SLAM の方が高い達成率を示した(**表-1**)．

表-1 要求点密度達成状況

手法	点群数	格子数	密度を満たさない格子数	達成率	面積(m2)
TLS	23,529,600	5,328	916	82.8%	5,525
SLAM	143,560,821	5,328	210	96.1%	5,525

草類伐採前の SLAM 計測が，伐採後の TLS データよりも達成率が高い理由は，計測者が自由に移動することで多方向から計測可能であったためと考えられる．

4. 考察

4.1 精度検証（差分解析）

TLS 計測データに対し，SLAM データとの標高較差をグラウンドデータで差分解析し，ヒートマップとして可視化した(**図-4**)．標高較差分布比率を**表-2** に示す．

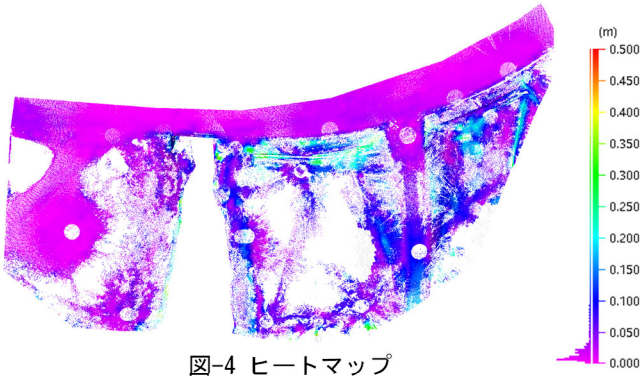


図-4 ヒートマップ

表-2 標高較差 分布比率

標高較差 (m)	色	比率 (%)	特徴・備考
0.000 - 0.050	紫	45	広範囲を占めており最も比率が高い領域
0.050 - 0.100	青紫	10	マゼンタから青への遷移部分に見られる
0.100 - 0.150	青	20	紫に次いで広く分布
0.150 - 0.200	水色	15	青から緑への遷移領域
0.200 - 0.250	青緑	7	一部の局所的な箇所に見られる
0.250 - 0.300	緑	2	非常に少ない．点在する程度
0.300 - 0.350	黄緑	1未満	ほとんど確認できない
0.350 - 0.400	黄	ほぼ 0	視認できる範囲では確認できない
0.400 - 0.450	オレンジ	ほぼ 0	視認できる範囲では確認できない
0.450 - 0.500	赤	ほぼ 0	視認できる範囲では確認できない

差分解析は，福井コンピュータ株式会社の「TREND-POINT Ver.12」を使用し，解析条件は「点と点との距離で評価する：任意方向」,「各点で一番近い判定用点群の点までの距離を評価する：最近値」とした．

解析の結果，標高較差 0.000～0.050m 範囲（紫）が全体の約 45%に達した．この箇所は，緩やかな斜面や路面を含んだ平坦部となっている箇所である．標高較差 0.050～0.150m の範囲（青紫，青）は，主に河川断面や道路法面を含んだ地形が斜になっている箇所である．標高較差 0.150～0.250m の範囲（水色，青緑）は，主に擁壁や排水構造物を含んでいる箇所となっている．

4.2 グラウンドデータの再現性

SLAM データ（**図-5**）と TLS データ（**図-6**）の地形

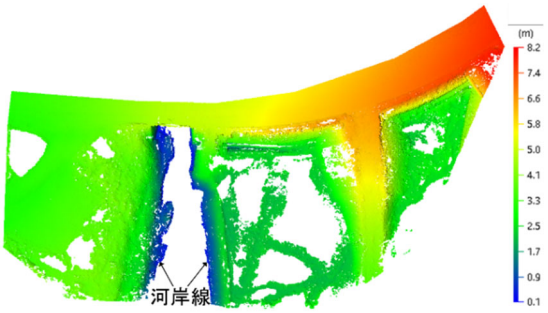


図-5 SLAM 標高段彩図

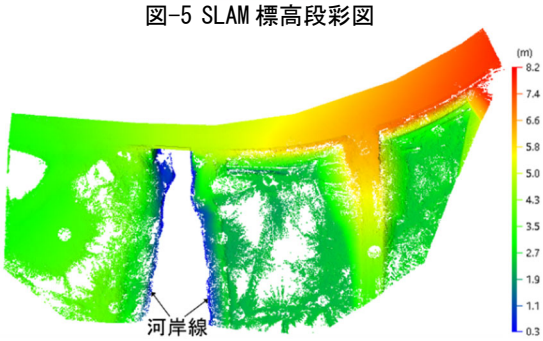


図-6 TLS 標高段彩図

起伏を標高段彩図から比較すると，SLAM と TLS はどちらも河岸線を取得できているが，SLAM は河岸線をより明確に取得できている．

5. 結論

本検証により，以下の結論が得られた．

1. **効率性**：SLAM は TLS と比較して大幅な計測作業時間の削減が期待できる．
2. **精　度**：SLAM と TLS では，計測できる点が変化するが，草類等の支障物が無い平坦な箇所において，計測データの精度に大きな差は無いことが確認された．
3. **適用性**：TLS に比べ，SLAM はデータ取得の自由度が高いため，地形の起伏をより多く取得することが可能である．

上記より，効率性・精度・適用性の観点から TLS の代替として SLAM 活用は十分有効であると考えられる．

6. おわりに

SLAM と TLS を比較すると，SLAM は大幅な計測時間の短縮になるということが分かったが，データ作成までの総合時間を比較すると大きな差がなく，精度も大差がないことが検証結果から分かった．このことから，TLS の代替として SLAM を適用しても問題が無いということがわかった．今回の検証で得られた結果は，3 次元点群測量において，TLS の代替に SLAM を活用しても同程度の結果が得られるということだけではなく，作業効率化の観点から，時間的制約等，様々な条件での活用が期待される検証結果となった．

© Japan Society of Civil Engineers