

地上型 3D レーザースキャナーの遠隔制御による自動計測システムの構築

フィールドテック 正会員 ○村山 盛行
 フィールドテック 正会員 福森 秀晃
 フィールドテック 清水 哲也

1. はじめに

地上型 3D レーザースキャナー（以下、スキャナー）は地形計測や土量計測、災害時の現況把握など様々な分野で利活用されている。また近年では車載計測システム（MMS）や UAV など、レーザー計測機器を中心に移動体計測技術の発展、実用化が進んでいる¹⁾。

一方で、スキャナーを固定した遠隔制御による定点観測については、スキャナーが高価であることもあり、取組まれている事例は少ない²⁾。定点観測による形状変化を時系列で把握することは、防災の観点や日々の土量の出来高管理に対して有効であると考えられる。しかし、スキャナーの取得データは容量が大きく、遠隔地からの転送には時間がかかる。そのため、基本的には点群データを事務所へ持帰り、別途ソフトウェアで処理して成果品を作成することが一般的である。

そこで今回、スキャナーの遠隔制御から定点観測及びデータ処理、体積変化量計算処理の一連の処理を自動化するシステムを開発した。本論文ではシステム概要と検証実験について報告する。

2. システム概要

(1) システムの要件

本システムの想定条件として、スキャナーは定点固定（不動）として扱うことを前提とする。土量計測を想定して、計測範囲は点密度及びスキャナーの距離依存誤差を考慮して 100m×100m、そのエリアを万遍なく計測できることとした。また、要件として下記 6 点の条件を決定した。システム構成は図-1 に示す通りである。

- ・設定頻度（時間間隔）で自動的に計測
- ・予めの設定条件に基づき取得データを自動処理
- ・設定条件を遠隔で変更可能
- ・処理データから自動で変化量（体積）を演算
- ・計算結果は自動的に監視装置 PC へ転送
- ・点群データ及び処理済みデータは制御装置 PC に保存、監視装置 PC へ任意でダウンロードが可能

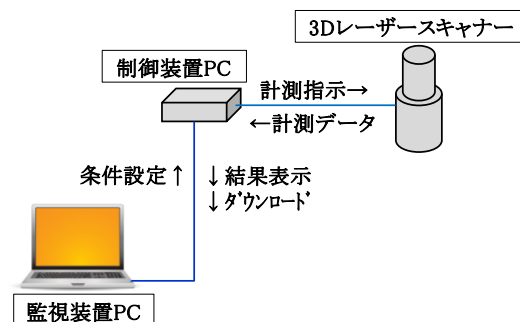


図-1 システム構成図

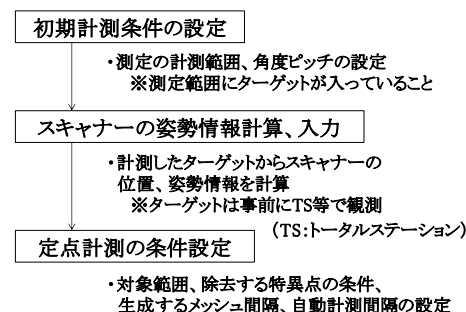


図-2 初期設定手順

(2) 初期設定及び処理内容

定点観測の実施にあたり、まずは初期計測を行い、図-2の手順で各条件を設定する必要がある。各設定が完了後、自動計測及び処理のシステムが稼働する。

姿勢情報についてはTS等で観測したターゲット座標値とマッチングし、座標変換パラメータを入力する。

本システムでは変化量計算にメッシュ法を採用し、取得点群データを平均化してメッシュデータを生成、計算処理を行う。その際メッシュ間隔の設定については最大データ量を考慮し、100万点を上限とした。また、点群データにはノイズが存在する場合もあるため、特異点を除去してメッシュデータを生成する機能を組込んだ。

(3) 計算処理

前述のように、体積変化量計算はメッシュ法で行う。計算を行うためには基準データが必要となる。基準データは「設計値」、「指定した計測データ」、「1回前計測データ」の3パターンから選択可能とする。選択した基準値及びデータと最新の計測データとの差分（変化量）を

キーワード 3次元レーザースキャナー 遠隔制御 定点観測 自動処理 変化量計算

連絡先 〒110-0016 東京都台東区台東 2-24-8 株式会社フィールドテック TEL 03-6303-2662

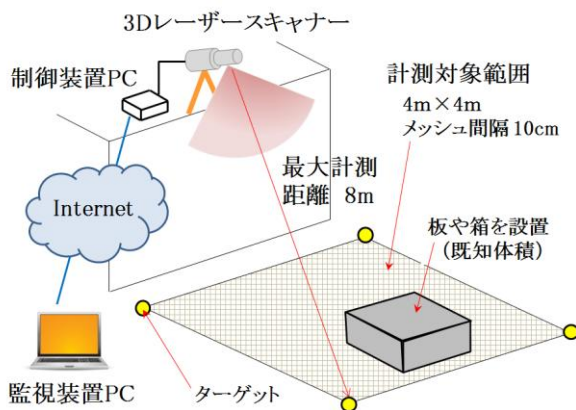


図-3 実験計測概要図

計算し、その結果は監視装置 PC へ転送される。計算に使用したデータは手動ダウンロードが可能である。

3. 検証実験

(1) 実験目的と条件

システムの動作及び体積変化量計算の妥当性を確認するため、実験計測による検証を行った。スキャナーは Riegl 社製の LMS-Z360i を使用した。本機の単発レーザー距離精度は $\pm 0.012\text{m}$ である。実験は $4\text{m} \times 4\text{m}$ の平面を対象範囲とし、スキャナーは 5m 上空に設置、処理するメッシュデータの間隔は 5cm に設定して実施した。計測対象物はメッシュデータの欠落が発生しにくい板材(板厚 0.025m)を設置し、増減させた際の変化量について妥当性を確認した。また、実験時の環境としては遠隔地での適用を想定し、監視装置 PC と制御装置 PC の間は Internet (VPN 接続で遠隔操作) を使用する構成で実施した。実験計測のイメージを図-3 に示す。

(2) 実験結果と考察

基準データとして板材がない状態で予め計測し、その後板材の枚数を変化させ複数回計測を行った(図-4)。メッシュ表示の下には基準データに対する体積変化量計算値(体積の+と-量)を表示している。板材を置いていないところでも増減を示す緑や赤の点が多く見られるが、これはスキャナーの点群が持つバラつきである。また、黒の部分は定義メッシュの範囲内に点群がないため、メッシュとして欠落している部分を示す。

板材を増減させた際の体積変化量の計算結果を図-5 に示す。図中の「板」は板材の既知体積、「シ」はシステムが計算した体積変化量である。1 回目と 7 回目の計測は板材を設置していない。

基準データと板材がない場合のデータを比較すると -0.0118 m^3 と 0.0107 m^3 の差となった。これは今回の実験条件における本システムが持つ計測誤差であり、対象エ

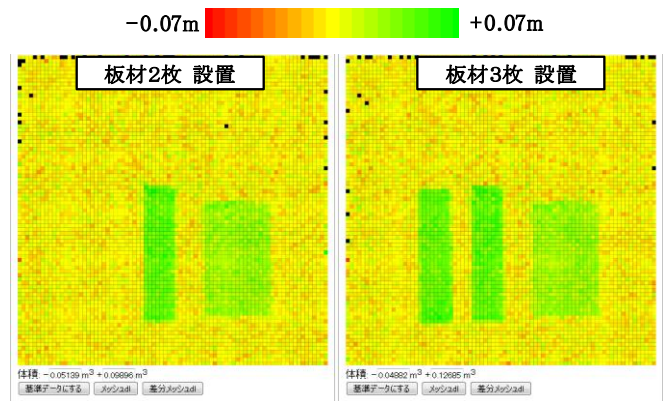


図-4 実験計測結果表示の一例

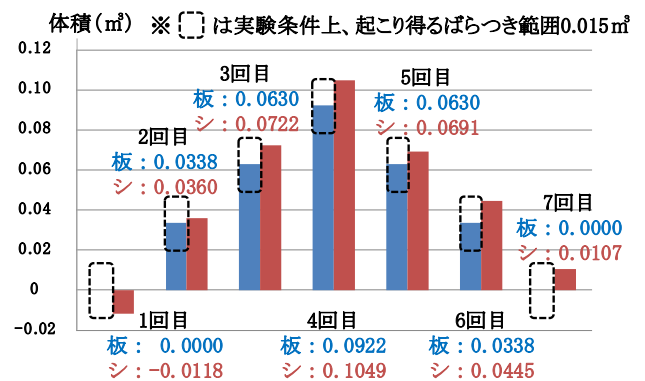


図-5 板材増減時の変化量計算結果

リアに対して 0.015 m^3 程度のバラつきを持つこととなる。次に、板材のあるデータで板材の実変化量と計測差分を比較すると、全てのデータにおいて $\pm 0.015\text{ m}^3$ の範囲に収まっていることが確認できた。今回の実験では体積変化量の絶対値が小さいために実変化量に対する誤差の割合が高いが、全体の変化傾向は問題なく把握できており、妥当性のある結果が得られた。

4. まとめと今後の展望

今回、スキャナーの遠隔制御による自動計測システムの構築および体積変化量計算の妥当性を確認できた。本システムはカスタマイズすることで他機種のスキャナーにも適用可能なため、現場状況や要求精度などに応じたシステムが構築できる。今後は、工事現場等の広範囲な場所を対象とした場合の適用性を検証していく予定である。また、本論文ではメッシュデータの欠落が発生しにくい条件で実験したが、メッシュデータに欠落が発生した際の処理方法についても今後検討していく。

参考文献

- 1) 村山盛行・佐田達典：地上型レーザー・スキャナーとGPS/IMUを用いた三次元形状計測システムの開発、第15回 日本測量協会応用測量技術研究発表会、2004. 6
- 2) 山崎健司・中村健二：3D レーザスキャナー一体型カメラを用いたダム堤体挙動や水位の観測に関する一考察、平成 25 年度近畿地方整備局研究発表会論文集、2013. 7