

点群テンプレートマッチングを活用した資材抽出の技術検証報告

安藤ハザマ 正会員 ○澤城 光二郎 正会員 黒台 昌弘
燈 非会員 小澤 空 非会員 森 雄人

1. はじめに

建設業界において国土交通省がインフラ分野の DX アクションプラン¹⁾を策定するなど、これまでの現実空間での業務をデジタル空間に移行するデジタルツインの取り組みが進んでいる。現場の情報を計測する様々なセンシング技術の中でも、3次元点群計測は i-Construction の取り組み²⁾により多くの現場で実施され、施工管理の方法として一般的なものとなっている。一方で、3次元点群データの利用は土工の出来形管理など限定的なものに留まっていることから、点群の活用方法の拡充が将来の建設現場のデジタルツインの可能性を広げるといえる。筆者らは、点群データが現場内に存在する地物の3次元情報を持つという特徴から、特定のテンプレートデータを基に類似の形状の物体を自動で抽出する点群テンプレートマッチング技術に着目し、現場全体の点群から任意の対象物の配置や数量を自動かつ迅速に抽出できれば、現場の資機材管理が効率化できると考えた。そこで本稿では、点群テンプレートマッチングの現状の精度や施工管理で活用するための課題を明らかにするため、UAV 空中写真測量で計測した建設現場の点群データによる技術検証の結果を報告する。

2. 検証手法

本検証では抽出する対象として、現場に仮置きで点在することの多いU型側溝を設定した。テンプレート点群として①3次元CADモデルを点群化したCADテンプレート点群(図-1)、②検出対象の現場点群から切り出した現場テンプレート点群(図-2)の二つを用意した。検出対象のターゲット点群は図-3に示すU型側溝4基で構成された点群データとし、それぞれのテンプレート点群を使用した点群テンプレートマッチングにより、その個数を正確に計測可能か検証した。また、本検証では点群テンプレートマッチングによる個数計測を以下のステップで実施した。

(1) 点群テンプレートマッチング(テンプレート点群とターゲット点群の位置合わせ)

点群から特徴量³⁾を抽出し、RANSACの手法⁴⁾を用いてテンプレート点群とターゲット点群の対応点を求め、各対応点の距離を最小化する計算を繰り返し行うことで大まかな位置合わせを行う。次にICPアルゴリズム⁵⁾の手法により精密な位置合わせを行うことで、テンプレート点群をターゲット点群の中で最も特徴が一致する箇所に重ね合わせる。また、点群テンプレートマッチング成功の判断指標として平均二乗誤差(RMSE)を導入し、最適なRMSEの閾値を推定した。

(2) 点群テンプレートマッチングによる資材個数の計測

(1)でテンプレート点群と重なった部分のターゲット点群を除去し、残ったターゲット点群で再度テンプレートとの位置合わせを行う処理を繰り返すことで⁶⁾、マッチング部分を除去した回数を検出対象の個数として計測する。

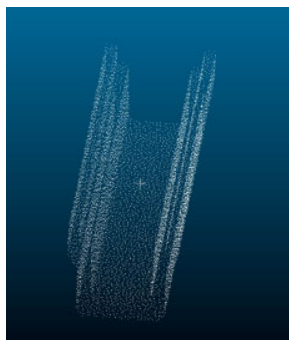


図-1 CAD テンプレート点群

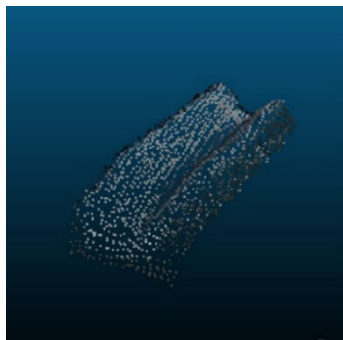


図-2 現場テンプレート点群

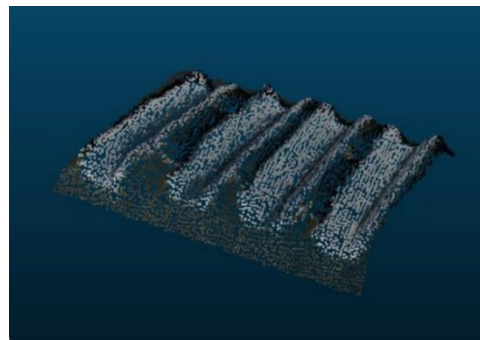


図-3 ターゲット点群

キーワード 3次元点群, テンプレートマッチング, 資材管理, デジタルツイン

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 フロンティア研究部 TEL 029-858-8815

3. 検証結果

点群テンプレートマッチング精度と個数計測精度の二つの項目についての検証結果を表-1に示す。

(1)点群テンプレートマッチング精度

本検証では RMSE の閾値を 0.043m に設定した場合が最も成功確率が良くなった。その条件で複数回テンプレートマッチングを試行したところ、現場テンプレート点群では図-4のようにマッチングが成功する場合と失敗する場合があります、その成功確率は 50%だった。一方で、CAD テンプレート点群では一度も成功しない結果となった。これは計測手法によってレーザの照射方向などが異なるため、ターゲット点群の形状や点密度に偏りが発生し、正確に形状を再現している CAD テンプレート点群との間で差異が大きくなったためだと考えられる。

(2)資材個数計測の誤差

現場点群において、図-5のようにテンプレートマッチングと付近の点群の除去を繰り返す処理を実行したところ5回目で処理が終了した。このことから、今回の手法では U 型側溝の個数を正解値 4 基に対して、5 基であると算出する結果となった。これは並んだ側溝と側溝の間の空間を別の側溝と認識したことで過剰に個数を計測したことが原因である。

また、CAD テンプレート点群は上記のテンプレートマッチングが成功しなかったため、個数計測は行えなかった。

4. まとめ

- 本検証では、点群テンプレートマッチングによる資材の個数計測について以下の事項を確認できた。
- ・テンプレート点群を CAD 等の図面からではなく、対象の現場点群から作成することでマッチングが可能となる。
 - ・テンプレートマッチング精度向上のためには、様々な方向から対象物の計測を行い、エッジの際立つ立体的なデータを取得することが有効である。
 - ・RMSE 閾値の設定がマッチング精度に大きく影響し、最も良い精度の時でマッチング成功確率は 50%程度だった。
 - ・RMSE 閾値は今回のターゲット点群固有の値であり、現場内の他エリアをターゲットにする場合は別途閾値を推定する必要があることがわかった。
 - ・個数計測は側溝の間の空間などテンプレートと類似した箇所を誤認識し、誤差が生じることがあるとわかった。

以上の結果から、現状ではマッチング精度と閾値設定における汎用性の点が課題であり、広範囲において正確に個数を把握する必要がある建設現場での資材の在庫数管理への適用は難しいことがわかった。一方で個数計測自体は今回の手法で可能であると確認できたことから、機械学習や画像処理など他の技術と組み合わせることで、資材の在庫数管理に必要な精度や汎用性を確保できる可能性がある。将来的な建設現場のデジタルツインにおける、3次元点群データ活用方法の拡充に向け引き続き技術検証を継続していきたい。

参考文献

1) 国土交通省：インフラ分野の DX アクションプラン 2022..3
2) 国土交通省：3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）2022.3
3) Radu Bogdan Rusu et al: “Aligning point cloud views using persistent feature histograms” IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2008.9
4) Martin A. Fischler, Robert C. Bolles: “Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography”, Communications of the ACM, Vol. 24, Issue 6, pp 381–395, 1981.6
5) P.J. Besl, Neil D. McKay: “A method for registration of 3-D shapes” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.14, pp239-256, 1992.2
6) Richard Vock et al: “Fast template matching and pose estimation in 3D point clouds” Computers & Graphics, Vol.79, pp36-45, 2019.4

表-1 検証結果

テンプレート	CAD点群	現場点群
マッチング精度	0%	50%
	成功:10回中0回	成功:10回中5回
個数計測誤差		+1基
		計測値:5基(正解:4基)

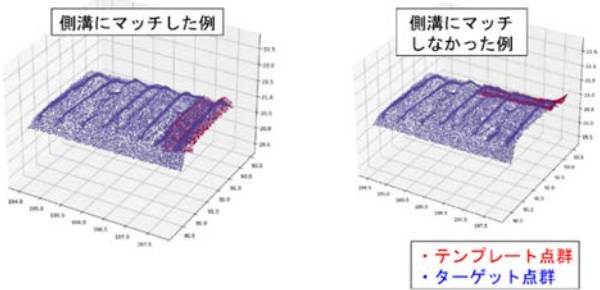


図-4 点群テンプレートマッチング

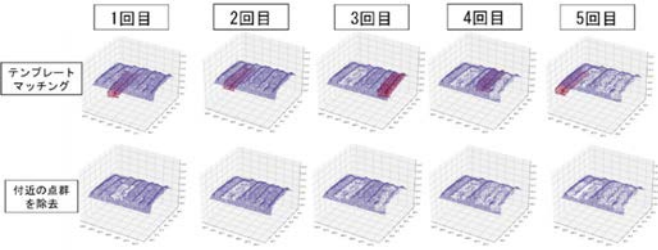


図-5 ターゲット点群の個数計測