

共創型デジタルツインの構築のための  
3D Gaussian Splatting の点群データの重畳手法に関する試行  
Trial on Registration Method of 3D Gaussian Splatting Point Cloud Data  
for Co-Creation Digital Twin Construction

南李玖<sup>†</sup> 中原匡哉<sup>‡</sup>  
Riku Minami Masaya Nakahara

## 1. はじめに

近年、航空機や車両等で現実空間の点群データを計測し、デジタル上で管理するデジタルツインの構築が注目されている。例えば、日本では、東京都の都市空間の 3 次元モデルを公開しているサービスとして、PLATEAU[1]がある。また、車両にレーザスキャナ等のセンサを搭載した MMS (Mobile Mapping System) を用いて、道路面やその周囲を計測した奈良県香芝市内の点群データを公開している香芝 RID[2]もある。しかし、路地裏や地下空間等といった狭小空間では、障害物が多く、空間的にも狭いため、レーザスキャナによる計測が困難であることから、構築されていない空間が多く存在する。そのため、住民により簡易的に計測された 3 次元データを用いて、共創的にデジタルツインを構築する取り組み[3]がある。しかし、LiDAR (Light Detection And Ranging) を搭載したスマートフォンや写真測量等で得られる点群データは、ローカル座標系であるため、デジタルツイン上のグローバル座標系の点群データにそのまま重畳することができない。そのため、ローカル座標系で得られた点群データをグローバル座標系の点群データに自動で位置を合わせる技術が必要である。既存手法では、2 つの点群データを重畳する手法として、ICP (Iterative Closest Point) や G-ICP (Generalized Iterative Closest Point) [4]による重畳手法、エッジを基に重畳する手法[5]がある。しかし、簡易的に計測された方法で得られる点群データ中のエッジは多量のノイズによる影響で丸みを帯びやすく、重畳の指標としてそのまま利用することは困難である。そこで、本研究では、ローカル座標系で得られた点群データから、前処理として主成分分析 (以下、PCA) を用いてエッジを推定した上で、推定したエッジを基に重畳する手法を試行し、その実用可能性を評価する。

## 2. 提案手法

### 2.1 提案手法の概要

提案手法の処理フローを図 1 に示す。提案手法は、ノイズ除去機能、エッジ抽出機能、点群データ重畳機能により構成される。入力データは、MMS で計測したグローバル座標系の点群データと 3D Gaussian Splatting[6] (以下、3DGS) で計測したローカル座標系の点群データ、出力データは、重畳後の点群データとする。

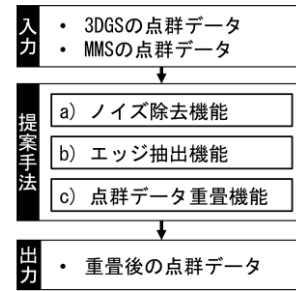


図 1 提案手法の処理フロー図

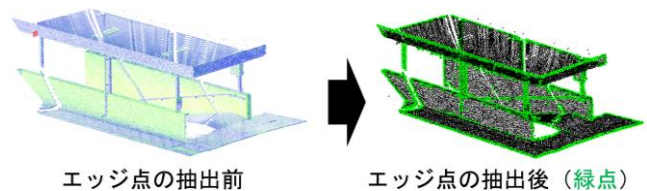


図 2 エッジ抽出機能の例

### 2.2 ノイズ除去機能

本機能では、SOR (Statistical Outlier Removal) フィルタを用いて、3DGS の点群データから空中に浮遊するノイズやエッジ付近に広がる不要なノイズを除去する。まず、点群データの各点の半径距離内にある近傍点を取得し、その基準点からの各点ごとの距離を算出する。最後に、各点の距離が閾値を超えた点をノイズとして除外する。このとき、閾値は、各点の平均距離に標準偏差を加えた値とする。

### 2.3 エッジ抽出機能

本機能では、主成分分析を用いて、点群データからエッジ付近の点のみを抽出する。まず、点群データから各点の半径距離内にある近傍点を取得し、その近傍点で構成される共分散行列を算出する。そして、共分散行列から固有値を求めた上で、その固有値から曲率と次元特徴を算出する。最後に、求めた各点の曲率が閾値以上である点と、次元特徴の最大値が 1 次元の特徴であった点をエッジ付近の点として抽出する。

### 2.4 点群データ重畳機能

本機能では、エッジ抽出機能によりそれぞれ抽出したエッジの点同士で各重畳手法を用いて重畳する。重畳手法には、ICP を用いる。ICP とは、2 つの点群データ間の誤差を最小化するように位置姿勢を補正する手法である。

<sup>†</sup> 大阪電気通信大学大学院総合情報学研究科  
Graduate School of Information Science and Arts,  
Graduate School of Osaka Electro-Communication University.

<sup>‡</sup> 大阪電気通信大学総合情報学部  
Faculty of Information Science and Arts,  
Osaka Electro-Communication University.

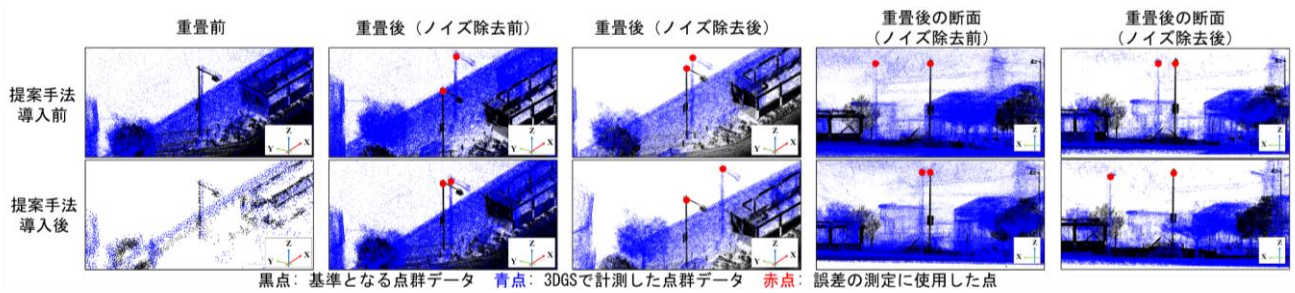


図 3 重畳前後の可視化結果

表 1 各手法の適用前後の重畳精度

前処理	重畳手法	提案手法	RMS(m)	2点間の距離(m)	X軸上の誤差(m)	Y軸上の誤差(m)	Z軸上の誤差(m)
なし	ICP	導入前	0.28	5.93	-4.97	-3.22	-0.24
		導入後	0.84	0.66	-0.66	0.05	-0.07
	G-ICP	導入前	2.61	9.29	-8.53	-3.52	-1.03
		導入後	3.30	25.71	6.15	23.82	7.49
ノイズ除去	ICP	導入前	0.20	1.70	-1.48	-0.82	-0.14
		導入後	1.71	6.09	-5.90	-1.43	-0.45
	G-ICP	導入前	2.05	4.22	-3.62	-2.13	-0.32
		導入後	3.26	7.02	3.88	5.72	-1.19

### 3. 評価実験

#### 3.1 実験内容

本実験では、奈良県香芝市の MMS の点群データと 3DGS で生成した点群データを対象に、提案手法の導入前後での重畳精度を比較し、提案手法の実用可能性を評価する。重畳する点群データは、香芝 RID[2]で公開されている 2013 年から 2014 年にかけて計測された近鉄下田駅周辺の道路の点群データと、近鉄下田駅の道路から駅構内までの範囲を全方位カメラで撮影した画像群から 3DGS により生成した点群データとする。撮影には Insta360 X4 を使って撮影した全方位の動画像から、進行方向の 9 方向の動画像から 1FPS で画像を切り出し、約 4000 枚程度の画像群から 3DGS により点群データを生成する。さらに、3DGS により生成した点群データに対し、3DGS-to-PC[7]を用いて、色付きの高密度な点群データを生成する。3DGS の点群データのスケール値は、MMS の点群データ中の駅前のロータリの直径の寸法を基に算出する。重畳の際には、事前に実験対象の点群データを基準とする点群データ付近に移動させておき、提案手法による位置合わせ結果と既存手法である G-ICP による重畳精度を比較する。重畳の精度は、点群データ中にある街灯の先端部の 2 点間距離と ICP または、G-ICP による重畳時に算出された RMS 値で評価する。

#### 3.2 結果と考察

提案手法の導入前後の重畳した点群データの可視化結果を図 3、各手法の適用前後の重畳精度を表 1 に示す。図 3 の可視化結果から、全ての条件において、3DGS で計測した点群データが基準となる点群データ上に、概ね重畳できていることがわかる。このことから、3DGS で計測した点群データを各手法により、大まかな位置まで自動的に重畳できるといえる。ただし、重畳前後の可視化結果を比較すると、重畳前に比べて X 軸方向へ大きくずれる傾向が見られた。また、表 1 の X 軸上の誤差からも同様の傾向が確認

できる。これは、基準となる点群データ中に含まれない建物の壁面等を重畳しようとしたためと考えられる。

表 1 を確認すると、導入前に比べて導入後で誤差が増加する傾向が見られた。ただし、ノイズ除去前の重畳結果では、2 点間の誤差が最小であることが確認できる。これは、ノイズ除去により、2 つの点群データに共通して含む街灯や建物等が一部、消失したためだと推察される。以上のことから、提案手法の実用可能性は確認できたものの、2 つの点群データに共通して含む部分を抽出した上で、重畳する必要があると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、MMS の点群データと 3DGS の点群データから抽出したエッジの点を基に重畳する手法を提案し、その実用可能性を確認できた。今後は、SOR フィルタ以外のノイズ除去手法を試行すると共に、2 つの点群データに共通して含む特徴物を抽出する処理を組み込むことで、重畳精度が向上するか確認する予定である。

#### 参考文献

- [1] 国土交通省：PLATEAU (オンライン)，入手先 (https://www.mlit.go.jp/plateau/) (参照 2025-06-05)。
- [2] 株式会社日本インシーク：香芝 RID (オンライン)，入手先 (https://www.insiek.co.jp/ksb-rid/) (参照 2025-06-05)。
- [3] 国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)：共創型デジタルツインプロジェクト (オンライン)，入手先 (https://d2ecosy.s.org/) (参照 2025-06-05)。
- [4] S. Aleksandr, H. Dirk and T. Sebastian, "Generalized-icp", Robotics Science and Systems, Vol.25, pp.26-27 (2009).
- [5] W. Xu, Y. Cai, D. He, J. Lin and F. Zhang, "FAST-LIO2: Fast Direct LiDAR-Inertial Odometry", IEEE Transactions on Robotics, Vol.38, No.4, pp. 2053-2073 (2022).
- [6] B. Kerbl, G. Kopanas, T. Leimkühler, and G. Drettakis, "3D Gaussian Splatting for Real-time Radiance Field Rendering", ACM Transactions on Graphics, Vol.4, No.42 (2023).
- [7] L. Stuart, and M. Pound, "3DGS-to-PC: Convert a 3D Gaussian Splatting Scene into a Dense Point Cloud or Mesh", arXiv(online), available from (https://arxiv.org/abs/2501.07478) (accessed 2025-06-05).