

車両搭載型センシングユニットを用いた トンネル内部の点群データの生成に関する一考察

塚田義典[†] 中原匡哉[‡] 梅原喜政[†] 西田義人^{†‡} 窪田諭^{‡‡}

田中成典^{‡‡‡} 清水則一^{‡‡‡} 川崎悠史^{‡‡‡†} 小谷季輝^{‡‡‡}

摂南大学経営学部[†] 大阪電気通信大学総合情報学部[‡] 金沢工業大学基礎教育部^{†‡}

関西大学環境都市工学部^{‡‡} 関西大学総合情報学部^{‡‡‡} 関西大学先端科学技術推進機構^{‡‡‡}

関西大学大学院総合情報学研究科^{‡‡‡†}

1. はじめに

我が国では、社会インフラの長寿命化に向けた効率的な維持管理手法の確立が急務である。特に、トンネルは MMS (Mobile Mapping System) を用いて変状箇所を 3 次元的に把握するための試み[1]がなされている。しかし、費用対効果の観点から地方自治体への導入が困難である。そこで、既存研究[2]では、安価な機器で構成した車両搭載型センシングユニットを製作し、SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) 技術を用いて衛星電波の受信が困難な環境下で点群データを生成する技術が開発されている。しかし、トンネルのような連続した地点間で計測データの形状に変化が少ない場合、自己位置推定精度が低下し、生成した点群データに歪みが生じる。そこで、本研究では、計測精度が低い点を重畳するための特徴点としないように反射強度の低い点を間引く。そして、計測精度が高い点を優先して重畳するための特徴点とするために反射強度の高い点の特徴点を再分類することで点群データを生成する手法を提案する。

Consideration on Generating Point Cloud Data in Tunnel using Vehicle-Mounted Sensing Units

[†] Yoshinori Tsukada and Yoshimasa Umehara
Faculty of Business Administration, Setsunan University

[‡] Masaya Nakahara
Faculty of Information Science and Arts,
Osaka Electro-Communication University

^{†‡} Yoshito Nishita
Academic Foundations Programs,
Kanazawa Institute of Technology

^{‡‡} Satoshi Kubota
Faculty of Environmental and Urban Engineering,
Kansai University

^{‡‡‡†} Shigenori Tanaka and Toshiki Kotani
Faculty of Informatics, Kansai University

^{‡‡‡} Norikazu Shimizu
Organization for Research and Development of
Innovative Science and Technology, Kansai University

^{‡‡‡†} Yushi Kawasaki
Graduate School of Informatics, Kansai University

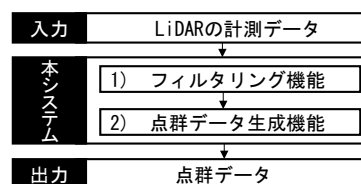


図1 処理フロー



図2 車両搭載型センシングユニット

2. 研究概要

本システム (図 1) は、1) フィルタリング機能と 2) 点群データ生成機能により構成される。入力は車両搭載型センシングユニット上の LiDAR (図 2) の計測データ、出力は SLAM で生成した点群データとする。

2.1 フィルタリング機能

本機能では、計測データから反射強度の低い点を間引く。まず、LiDAR の 1 フレーム分の計測データを抽出する。そして、抽出した計測データから、反射強度の値が閾値以下の点を間引く。

2.2 点群データ生成機能

本機能では、間引いた計測データから LIO-Livox[3]を用いて点群データを生成する。既存手法[3]は、コーナ (孤立した点と曲率の大きい点)、サーフェス (曲率の小さい点) とその他に特徴点を分類し、特徴点同士を重畳することで点群データを生成する。このとき、特徴分布に偏りが生じると、それらの特徴に強く影響を受けるため、重畳に誤差が生じる。そこで、本機能では、特徴分布の偏りを防ぐため、反射強度の値が閾値以上の点をサーフェスとその他にも再分類し、3 つの特徴分布を均一にする。そして、既存手法[3]を用いて、再分類した特徴点同士を重畳し、点群データを生成する。

3. 実証実験

3.1 実験内容

本実験では、図3に示す2箇所のトンネルの計測データに、既存手法[3]と提案手法を適用する。そして、地点間のユークリッド距離（以下、距離）を最確値と比較することで提案手法の有用性を確認する。本実験では、反射強度の値が20以下の点を間引き、反射強度が150以上の点を再分類した。岩屋トンネルの最確値は図3に示す実測したトンネルの高さと地物間の距離とし、空港地下道はトンネル壁面に記載されている延長距離とする。

3.2 結果と考察

岩屋トンネルの点群データの可視化結果（図4）を確認すると、提案手法と既存手法[3]で歪みは見られなかった。また、岩屋トンネルの測定結果（表1）から、両手法ともに誤差が小さいことがわかった。これは、カーブの形状が特徴となり、重畳が容易であったためと考えられる。

空港地下道の点群データの可視化結果（図5）を確認すると、既存手法[3]では、一直線に続くトンネルであるにも関わらず、下方向に歪みが生じ、トンネルの上部に誤って重畳された点群データが生成されることがわかった。これは反射強度の低い壁面や路面の点に、特徴分布の偏りが生じてそれらの特徴に強く影響を受けたことで特徴点同士の重畳に誤差が発生したためと考えられる。一方、提案手法では、下方向の歪みが見られなかった。また、トンネル延長の比較結果（表2）から、最確値との差分は既存手法では2.3m、提案手法では1.4mとなり、提案手法の誤差の方が小さい結果となった。これは、提案手法を適用することで、反射強度の低い点の影響が小さくなり、計測精度の高い点を主として重畳できたため、既存手法よりもトンネル内の点群データを高精度に生成できたと考えられる。これらのことから、提案手法により類似形状が続くトンネルの点群データを補正可能であることを確認できた。

4. おわりに

本研究では、トンネルの計測データを対象に、計測データの間引きと特徴の再分類によって点群データを生成する手法を提案した。そして、実証実験により、提案手法の有用性を確認できた。今後は、反射強度の高い地物が存在しないトンネルにおける提案手法の適用可能性を検証し、汎用性の向上を目指す。

参考文献

[1] 都市社会技術融合創造研究会：走行型計測技術による道路トンネル健全性評価の実用化研究，入手先

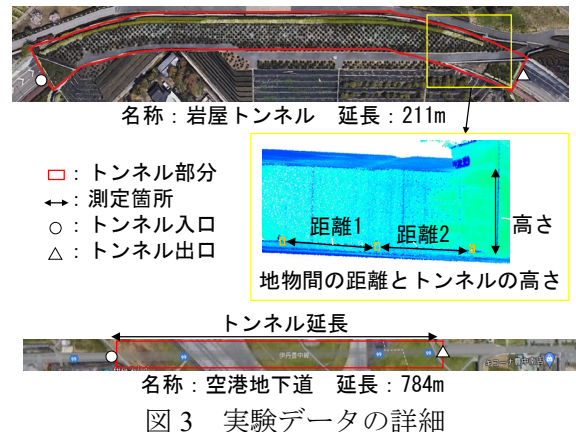


図3 実験データの詳細

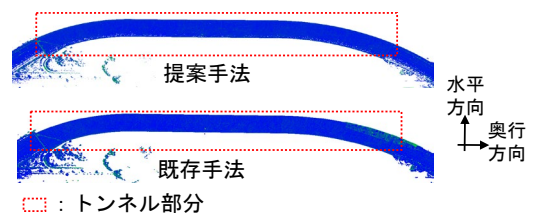


図4 岩屋トンネルの点群データの可視化結果

表1 岩屋トンネルの測定結果

	高さ	距離1	距離2
提案手法	4.02	5.00	5.03
既存手法[3]	4.02	5.00	5.02
最確値	3.99	5.00	5.00

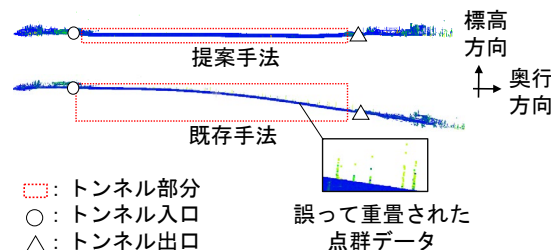


図5 空港地下道の点群データの可視化結果

表2 空港地下道の測定結果

手法	トンネル延長 (m)		
	測定値	最確値	最確値との差分
提案手法	782.6	784.0	1.4
既存手法[3]	781.7		2.3

(<https://www.kkr.mlit.go.jp/road/shintoshikenkyukai/2013shiryo/shiryo2013-07.pdf>) (参照 2023-1-10) .

[2] 塚田義典, 梅原喜政, 中原匡哉, 西田義人, 窪田諭, 田中成典, 川崎悠史: LiDAR-SLAMによる都市空間の点群データの誤差要因とその補正に関する研究, 土木学会論文集F3 (土木情報学), Vol.78, No.2, pp. I_131-I_140 (2022) .

[3] Livox: A Robust LiDAR-inertial Odometry with LIO-Livox Open-source Algorithm, available from (<https://www.livoxtech.com/jp/showcase/12>) (accessed 2023-1-10).