

施工空間で取得した LiDAR と BLE 測距による動体認識

Moving Object Recognition using LiDAR and BLE Data Acquired in Construction Spaces

中川雅史 尾崎凱 栗田航貴 田口雅邦
Masafumi Nakagawa Gai Ozaki Koki Kurita Masakuni Taguchi

芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology

1. まえがき

大規模な施工空間では生産性や安全性の改善に繋がる遠隔操作可能な無人建機による施工が BIM/CIM のフレームワークのもとで実現されている。しかしながら、工事環境が狭隘な都市土木の施工空間では、建機と作業者の協調作業が求められるうえ、衛星測位に大きく依存する無人建機による施工の適用は容易ではない。そのため、Light Detection And Ranging (LiDAR) を主体とした衝突防止センサーを利用した建機の自動停止機能のみならず、施工空間の可視化処理の適用により、建機と作業者の協調作業を高度化することで、建機周辺にいる複数作業者の位置情報の実時間取得や危険行動の解析および予測が必須となる⁽¹⁾。建機周辺の情報取得においては、建機からの計測が有効だが、旋回と移動を伴う建機から LiDAR で取得した時系列点群には急激な水平回転が含まれるため、時系列点群からの動体の追跡処理では、物体追跡の探索範囲を広く設定することにより、追跡処理が失敗する傾向が高くなる課題がある。この課題に対して、Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) 処理によって、建機の自己位置姿勢を推定し、建機の旋回量と移動量で補正した時系列点群を再生成したうえで、時系列点群上の動体追跡処理を安定化させることを試みる。また、作業者の氏名情報等を点群に付与することを目的として、作業者が携帯する Bluetooth Low Energy (BLE) ビーコンの測距機能を利用し、BLE ビーコンの Universally Unique Identifier (UUID) を時系列点群上の動体とパターンマッチングで対応づける手法を開発する。

2. 実験

掘削・配管・埋め戻しで構成される都市土木施工を想定した模擬施工空間 (図 1) を整備し、作業者を含む建機施工過程を計測した (図 2)。LiDAR (VLP-16, Velodyne) で水平断面をスキャニングできるように、バックホーの操縦席前方および地盤高 1.0m の位置に搭載し、操縦席右側に搭載したノート PC (MacBook Air, Apple) で点群取得した。また、TxPower を -63 dBm で設定した BLE 発信機 (MyBeacon MB004 Ac, Aplix) を 3 名の作業者に配布し、各自が上着ポケットに携帯した。点群取得に用いたノート PC を BLE 受信機 (LiDAR とのオフセット値は 1m) としても併用し、JavaScript 環境である Node.js の bleacon ライブラリを利用して、1Hz で取得した。すべての点群および BLE 測距データは、PC 時計で時刻同期した。日中・夜間の計 60 分間 (点群; 36,000 シーン, および、BLE 測距: 3600 エポック) の計測で得たデータのうち、日中の約 12 分間 (点群; 7,600 シーン, および、BLE 測距: 760 エポック) および建機周辺 (約 30m×20m) を処理範囲とした。処理における主な閾値として、距離エッジ抽出の閾値 (0.2m), ボクセル処理の解像度 (0.2m), 動体の高さ

(1.9m), 動体探索の水平断面直径 (1.5m), 動体追跡失敗後の推測継続時間 (10 秒) を既往研究⁽¹⁾における成果にもとづき設定した。また、BLE 測距の補正係数のロバスト推定では、外れ値除去の閾値を残差の中央値とする Least Median of Squares (LMeds) を適用した。



図 1. 模擬施工空間

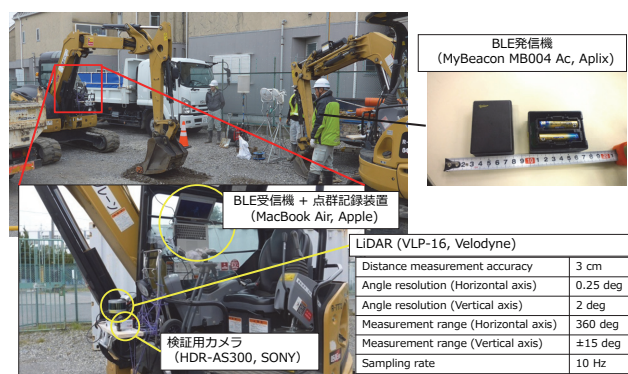


図 2. 計測システム

3. まとめ

本研究では、時系列点群から抽出された動体 (作業者) と、作業者が携帯する BLE ビーコンの UUID の紐づけを行う際に、時系列点群と BLE データのマッチングにおける BLE 測距値の補正処理によって、動体の識別を安定化できるかを検証した。模擬施工環境における LiDAR と BLE 測距のデータを取得する実験をとおり、BLE ビーコンの測距性能に依存性があるものの、点群上の作業者と、作業者が携帯する BLE ビーコンの UUID の紐づけを行うことで動体の識別を提案手法によって安定化できることを確認した。

参考文献

- [1] M. Nakagawa, M. Taguchi : Moving Object Classification using Multilayer Laser Scanning with Space Subdivision Framework, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume V-4-2020, 2020 XXIV ISPRS Congress (2020 edition), pp.103-108, 2020.