

施工現場における多層 LiDAR を用いた作業員の実時間マッピング Real-time Worker Mapping using Multi-layered LiDAR in Construction Site

中川雅史* 加世田将義* 田口雅邦**
Masafumi Nakagawa* Masayoshi Kaseda* Masakuni Taguchi**

*芝浦工業大学, **東起業
*Shibaura Institute of Technology, **Azuma Kogyo Co. Ltd.

1. はじめに

近年の建設業界における主な課題として、技術者不足、建設生産性の向上、および、労働災害・事故の低減が挙げられる。これらへの対策のひとつとして、大規模な建設現場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（無人施工）が実現されている。一方、工事環境が狭隘な都市土木の施工現場では、衛星測位に大きく依存する無人施工の適用は容易ではないため、建機と作業員の協調作業を高度化することが、施工の安全性や効率性を改善するうえで有効である。建機と作業員の高度な協調作業を実現するうえでは、衝突防止センサを利用した建機の自動停止機能のみならず、建機周辺にいる複数作業員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。測量用 UAV や地上設置型レーザースキャナなどを利用することで、施工現場内の形状計測は可能であるが、作業員や車両、掘削面など、移動・変化する地物を実時間で把握することは容易ではない。そこで本研究では、多層レーザースキャニングを主体とした手法によって、建機に近接する複数作業員の実時間マッピングを試みる。

2. 手法

提案手法の流れを図 1 に示す。まず、多層 LiDAR により、時系列点群を取得する。提案手法で得る動体抽出結果は衝突回避行動に直接利用するとともに、建機に近接する複数作業員の動体追跡結果を得る。

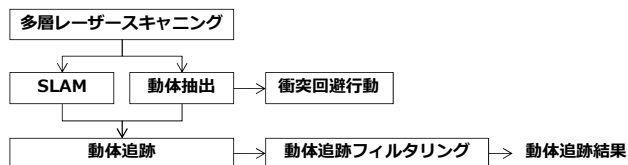


図 1. 提案処理

まず、時系列点群を各シーンでレンジ画像化し、地盤面よりも高い位置にある点群を対象に、ボクセル空間上での点群セグメンテーション処理を行い、複数の点群集合を動体候補群として抽出する。次に、動体候補群からバケットと作業員の候補を抽出する。バケットと建機の間には支障物がないという前提のもとで建機正面にあたる領域の動体候補をバケット候補とみなし、それ以外の動体候補群に対しては形状制約を適用することで作業員候補として抽出する。抽出したバケットおよび作業員の候補群を時空間上で追跡し、数シーンにわたって安定的に連続する候補群を動体として改めて選別する。その際、Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) を基本処理とし、動体抽出結果と、建機の旋回・移動を再現する自己位置推定結果を併用することで、動体追跡の安定性を向上させる。

3. 実験

都市土木施工現場を想定した模擬環境を整備し、バックホウの本体前方に多層 LiDAR (VLP-16, Velodyne) を水平に取り付けて、作業員を含む建機施工過程の計測データを、移動および旋回する建機上から取得した (図 2)。このうち、掘削作業を計測して得た点群 134,955,204 点 (9523 シーン) を後処理解析した。

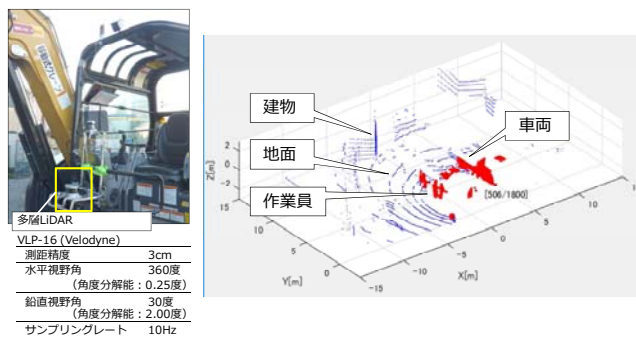


図 2. 建機に装着した多層 LiDAR と取得点群

作業員の物体認識およびトラッキング処理結果を図 3 に示す。SLAM による点群の回転・並進後の点群に対して、物体追跡処理を適用した結果である。ノート PC (Intel Core i7-6567U, 3.30GHz) 上で、建機の衝突回避行動に必要な動体検出結果が 10Hz 以上で得られるとともに、作業員の挙動解析に必要な動体追跡結果を 5Hz 程度で得られることを確認した。

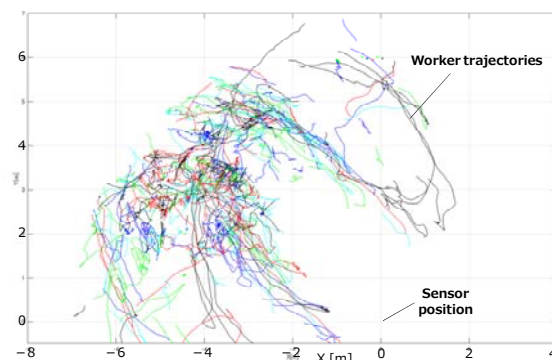


図 3. 動体の抽出および追跡処理結果 (上段: 任意シーンにおけるバケットおよび作業員の抽出結果, 下段: 作業員の追跡結果)

4. まとめ

本研究では建設施工現場の可視化を試みた。多層 LiDAR を建機に搭載し、SLAM 処理を適用することで、動体・不動体の分離・追跡が可能であることを確認した。