

土工現場における画像を用いた位置情報取得システムの適用可能性

安藤ハザマ 正会員 ○千野 雅紀

東京大学 包 潤秋, 小松 廉

宇都宮大学 Renato Miyagusuku, 東京大学 山下 淳, 浅間 一

1. はじめに

建設業界では、就労者数の減少や就労者の高齢化への対策として、省人化・生産性向上のための技術開発が盛んに行われており、当社でもその取組みの一つとして、建設機械の自動運転技術の開発を行ってきた¹⁾。

建設機械の自動運転には自己位置情報が必要であり、一般的に GNSS が用いられる。しかし、GNSS は導入コストが高く、また、山間部など衛星からの受信状況が悪い場所では位置精度が低下するという問題がある。

GNSS の他に位置情報を取得する技術としては、トータルステーションによる計測の他、距離センサや画像を用いた SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 等がある。この中で、筆者らは、画像を用いた SLAM (Visual SLAM) に着目した。カメラは比較的安価なセンサであり、画像内に特徴点があれば計測する場所の制限がない²⁾という利点を活用し、カメラから得られる画像を用いて位置情報を取得するシステムの開発を行った。本稿では、開発した位置情報取得システムについて、土工現場での適用可能性を検証したので報告する。

2. システム概要

2.1 機器構成

Visual SLAM で位置情報を取得するにあたり、今回は、明かり土工での利用を想定し、振動ローラに機器を設置して検証を行った。カメラを2台設置することでステレオカメラを構築した。特徴点の変化を捉えやすいように、進行方向に対して側方に向けてカメラを設置した (写真-1)。

広範囲の画像を得ることが可能で、かつ左右の映像を同期できるように、カメラは FLIR 社の Grasshopper を用い、レンズは富士フイルム社の FE185 を用いた。2台のカメラの映像の同期には ViewPLUS 社の SyncUsb3 を用いた。

撮影した画像はカメラと接続した PC に取り込まれ、位置情報算出の処理が行われる。



写真-1 カメラ設置状況

2.2 絶対座標への変換

Visual SLAM で得られる位置情報は、カメラを原点とした相対的な位置情報であるカメラ座標系である。建設現場においては、緯度経度を基準にした絶対的な位置情報である平面直角座標系が使われる。そのため、相対座標から絶対座標への変換を行うことが課題であった。

振動ローラの絶対座標を取得するために、あらかじめ平面直角座標系で座標を測量した複数のマーカーを、走行の開始位置に設置した (写真-2)。一度に全てのマーカーが写るようにカメラで撮影し、マーカーの座標とマーカーを写した画像を用いて、PnP 法で絶対座標を算出し走行開始の位置と方位とした。



写真-2 マーカー設置状況

キーワード 自動運転, 位置計測, ステレオカメラ, Visual SLAM

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 Tel.03-6234-3786 E-mail: chino.masaki@ad-hzm.co.jp

2.3 画像内の動体の除去

既存の Visual SLAM では、動く物体を特徴点として認識すると自己位置推定に誤りが生じてしまうため、周囲の環境は静的であると仮定して処理を行う。一方、建設現場では、作業員や重機など動く物体が周囲にある動的な環境である。そのため、画像内の動体を除去することが課題となった。

動体の影響を取り除くために、動く物体にマスクをかけて位置推定の処理から除外した。AI 画像処理技術を用いて矩形の検出窓で物体を検出し、フレーム間の特徴点の移動距離から、検出した物体が動体か否かを判定した。画像内の検出窓が大きいと、位置推定処理に利用可能な特徴点が少なくなり、精度の低下につながる。そこで、検出窓の大小により分岐処理を行った。検出窓が小さい場合には、矩形で物体検出を行う YOLO を使い、検出窓が大きい場合には、ピクセル単位で物体検出を行う Mask R-CNN を用いて、マスク処理を行った (写真-3)。



写真-3 AIによる物体検出
(上 : YOLO, 下 : Mask R-CNN)

3. 実験

3.1 絶対座標への変換

絶対座標への変換精度を確認するための実験を行った。6つのマーカーが同時に写るようにカメラで撮影するとともに、マーカーとカメラの座標をトータルステーションで測量した。PnP 法で求めたカメラの座標と測量した座標の比較を行った。

絶対座標への変換結果の一例を図-1 に示す。PnP 法で求めた座標と測量した座標の差は 101 mm と、施工上僅かであり、絶対座標への変換が正しく行われていると考えられる。

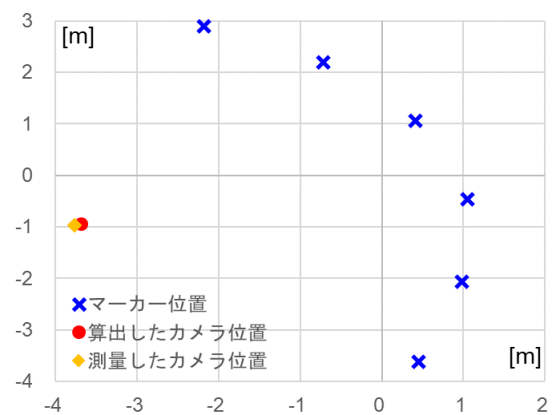


図-1 絶対座標への変換結果

3.2 位置推定精度の検証

画像内の動体の除去により、位置推定が可能であることを確認する実験を行った。カメラで映像を撮影している状態で振動ローラを走行し、取得した走行中の映像から位置情報を算出した。また、振動ローラに近接した場所で、別の振動ローラを並走させた。振動ローラにはGNSSを設置し、Visual SLAMで算出した座標とGNSSで得られる走行中の座標を比較した。

位置推定結果の走行軌跡の一例を図-2 に示す。Visual SLAMとGNSSの差は平均 134 mm であり、動体が映像に写っていても、施工に十分な精度で位置推定が可能であると考えられる。

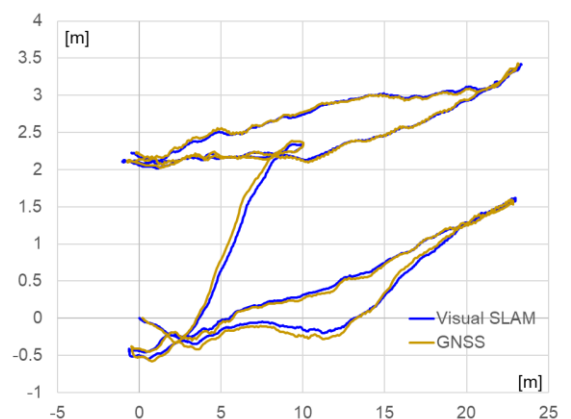


図-2 位置推定結果

4. まとめ

GNSSの代わりにカメラを利用して、土工現場で振動ローラの位置情報の取得が可能であることを確認した。今後はさらなる位置推定精度の向上を図り、自動運転システムへの適用を進めていく。

参考文献

- 1) 千野雅紀, 武石学: ブルドーザの自動運転システムに関する撒き出し実験報告, 土木学会第74回年次学術講演概要集, VI-357, 2019.
- 2) Runqiu Bao et al.: Cost-effective and Robust Visual Based Localization with Consumer-level Cameras at Construction Sites, 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics, pp.1007-1009, 2019.