

SLAM 技術を活用した 2 トン積トラックの自動運転実験

大成建設株式会社 土木本部機械部 正会員 ○中尾 勇貴
正会員 若山 真則

1. はじめに

人口の減少の中、他業種と比較して高齢化率が高い建設業において、生産性向上や労働力不足の解消は大きな課題となっている。そのため、デジタル技術を活用し、建設施工の自動化、自律化及び遠隔化の開発が進められている。

自動化等をされた建設機械は、GNSS やトータルステーション（以下、TS）による位置情報が取得可能な範囲が主な施工場所となっている。しかし、位置情報が取得できない場合にはこれらの建設機械の使用が困難である。そこで、筆者らはトンネル坑内などの GNSS を利用できない環境において、SLAM 技術を活用した建設機械の自動運転システムの開発に取り組んだ。2018 年度に手押しの台車、2019 年度に AGV（Automated Guided Vehicle リモコン操作の無人搬送車）、2020 年度に 7 t クローラダンプ、2021 年度に四輪バギー、2022 年度に 2 トン積トラック（以下、2 t トラック）を選定し、段階的に開発を進めた（図 1）。

本稿では、SLAM 技術を活用した 2 t トラックの自動運転システムの開発と実証実験の結果について述べる。

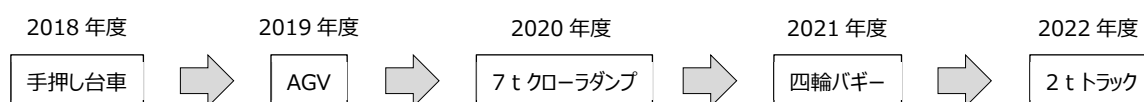


図 1 開発の流れ

2. SLAM について

SLAM とは、Simultaneous Localization And Mapping の略称であり、「自己位置推定」と「環境地図作成」を同時に行うことをいう。移動体が「センシングによって得た計測値」と「移動することで得た計測値」を照らし合わせ、その誤差を収束計算することで、作成した地図上に自己位置を推定する。特徴点となるオブジェクトがある場合、マッチングが早く精度が高いという特徴がある。今回、センシング装置として 3D-LiDAR を用い、360° にレーザを飛ばして点群データを取得する LiDAR SLAM を適用した。

3. 2 t トラックでの実験

屋外の実験ヤード（図 2）において、2 t トラックに SLAM システムを搭載し、SLAM 技術を活用した自動運転（以下、SLAM 自動運転）の軌跡を測定した。実用で対面通行する際の車両同士の離隔を 1.0m 以上確保するため、この軌跡と基準となる軌跡との誤差の最大が 500mm 以内となるように目標精度を設定した。

目標精度を確認するために二つの実験を実施した。一つ目の実験は、自動運転の制御精度を確認するためにおこなった。方法としては、有人運転で走行し GNSS を用いて経路を生成する。この時の軌跡を TS で計測し、基準とする。次にこの経路を、GNSS を用いて自動走行させ、TS で軌跡を計測し、軌跡の精度を検証する。この結果は走行速度 20km/h までは 0.1m、30km/h では 0.4m であった。

もう一つの実験は SLAM 自動運転の精度を確認した。この実験で確認される精度は、前述の自動運転の制御精度と SLAM の自己位置推定精度を包含したものである。実験の方法としては、有人運転で走行して SLAM による環境地図の生成と自動走行経路を生成する。その後、生成された自動走行経路の軌跡を基準となる軌跡とし TS で計測する。この経路を追従自動走行させ、TS で軌跡を計測し、軌跡の精度を検証する（図 3）。

キーワード 自動運転システム、SLAM、タイヤ車両、トンネル、非 GNSS 環境
連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル内）
大成建設株式会社 機械部 メカ・ロボティクス推進室 TEL:03-5381-5309

走行速度は 10km/h, 20km/h, 30km/h の 3 つのパターン, 経路は 150m あり, 直線走行と障害物回避を想定した蛇行走行の 2 パターン, 走行方向を経路生成時の始点から終点へ走行する順方向と反対に終点から始点へ走行する逆方向の 2 パターン, 計 12 パターンの走行を検証した. 実験結果を表 1 に示す.

表 1 実験結果

	条件			結果 [mm]
	速度 [km/h]	経路	方向	
1	30	直線	順	350
2			逆	382
3		蛇行	順	667
4			逆	497
5	20	直線	順	289
6			逆	400
7		蛇行	順	502
8			逆	506
9	10	直線	順	317
10			逆	305
11		蛇行	順	388
12			逆	375

※網掛部は目標誤差超過



図 2 実験ヤード

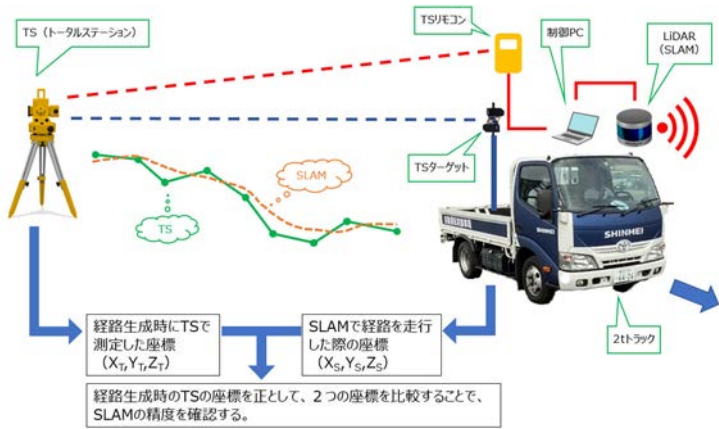


図 3 2 t トラック実験イメージ

速度 10km/h においては蛇行走行も含めて, すべて目標精度以内で走行することができた. 速度 20km/h, 30km/h においては直線走行では目標精度以内で走行することができたが, 蛇行走行では最大 667mm の誤差が発生した. 原因としては 2 つ考えられる. ひとつは速度が上がることで, 自動運転操作の遅れが大きくなり, 目標位置との差が大きくなること. もうひとつは特徴点となるオブジェクトや構造物が少ない屋外のヤードで実験をおこなったため, LiDAR からの点群データが少なく, LiDAR SLAM の自己位置推定精度が低くなっていることが原因と考えられる.

4. まとめ

SLAM システムを搭載した 2 t トラックの自動走行実験を実施し, 直線走行での目標精度達成が確認できた. 蛇行走行では, 課題が残る結果となった. しかし, 周辺環境による自己位置推定精度低下に起因すると考えられる精度の低下が確認されたが, 実際のトンネル坑内では自己位置推定精度が向上すると考えられる. ソフトウェアの設定見直しや改良をおこなうことで制御精度を向上させることにより目標精度を達成できるものとする. 加えて, 改善しきれない誤差に関しては, 誤差を考慮した運用計画を立てることで, より実態に即した自動運転走行への適用が可能になると考える.

5. 参考文献

田中真由子, 若山真則, 小森聡, 中居拓哉 : SLAM 技術を活用したクローラダンプの自動運転実験. 土木学会第 76 回年次学術講演会