

SLAM 技術を活用したクローラダンプの自動運転実験

大成建設(株)土木本部機械部

正会員 ○田中 真由子

正会員 若山 真則

正会員 小森 聡

正会員 中居 拓哉

1. はじめに

生産労働人口の減少や高齢化が社会問題となる中、生産性向上や労働力不足の解消は、建設産業においても大きな課題となっている。そのため、国土交通省では「i-Construction」を推進し、今後予想される人手不足への対応とともに、生産性向上への取り組みを加速させている。その中でも、建設機械の自動化に関連する技術は、建設現場で早期に望まれる技術の一つとなっている。

自律方式や遠隔操作で作業を行う建設機械は、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は、TS(トータルステーション)の自動追尾を用いた方法などを採用せざるを得ず、カーブや支障物がある場合には使用できない、長距離での使用が困難などの課題があった。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。移動体は、2018年度に手押し台車、2019年度にAGV(Automated Guided Vehicle リモコン操作の無人搬送車)、2020年度に7tクローラダンプと段階的に開発を進めた(図1)。

本稿では、SLAM技術を活用した7tクローラダンプ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。

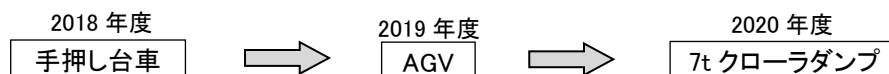


図1 開発の流れ

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(図2)。今回、センシング装置として3D-LiDARを用い、360°にレーザーを飛ばして点群データを取得するLiDAR SLAMを適用した。

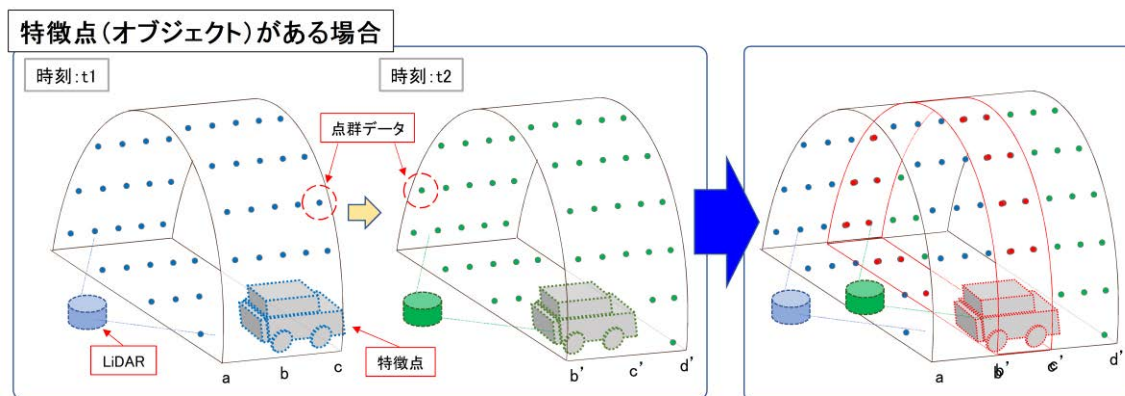


図2 SLAMの点群マッチングイメージ

キーワード 建設機械, 自動運転システム, トンネル坑内, SLAM, 3D-LiDAR

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)機械部 メカ・ロボティクス推進室 [TEL:03-5381-5309](tel:03-5381-5309)

3. クローラダンプでの開発

模擬トンネル(国土技術政策総合研究所)において、7t クローラダンプに SLAM システムを搭載し、特徴点の検証及び SLAM の軌跡と TS(トータルステーション)の軌跡を比較した精度の検証(図 3)を行った。TS の軌跡を正として SLAM の位置情報による軌跡の精度を検証し、目標精度は線形誤差で 500mm 以内とした。

実験方法は、一度有人走行をして SLAM による 3D 地図の生成と自己位置推定に基づき、自動走行ルートを生成する。その後、生成された自動走行ルートを追従自動走行し、軌跡の精度を検証する。

走行区間は、トンネル内面が平滑な RC 区間、特徴点が多い鋼製区間、鋼製区間よりも特徴点がさらに多い鋼製採光窓付区間の 3 つの区間で検証を行った(図 4)。走行ルートは、直線走行ルート・蛇行走行ルートのそれぞれについて各区間で検証を行った。実験結果を表 1 に示す。

表 1 クローラダンプでの試験結果

走行 パターン	RC 区間		鋼製区間		鋼製採光窓付 区間	
	最大 (mm)	平均 (mm)	最大 (mm)	平均 (mm)	最大 (mm)	平均 (mm)
直線	377	119	338	78	329	103
蛇行	—※1	—※1	820	300	545	121

※1: 走行データなし

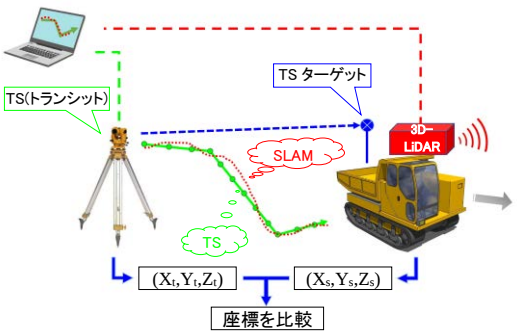


図 3 クローラダンプ試験イメージ

直線走行に関しては、3 つすべての区間において目標精度の 500mm 以内の誤差となり、SLAM が苦手とする特徴点となるオブジェクトが少ない RC 区間で最大の誤差 377mm が発生した。また、蛇行走行は鋼製区間で最大 820mm の誤差が発生した。この要因は、有人走行時の急な操舵に対して自動走行時は滑らかな操舵にするようソフトを設定しているため、自動走行時に走行ルートを蛇行部分でショートカットして誤差が大きくなったと考えられる(図 5)。この誤差を小さくするための対策としては、自動走行時のソフトを改良する、または、蛇行の強弱(曲率)に対する誤差量の試験を行い、許容誤差を満たすための蛇行量を明確にするなどが考えられる。

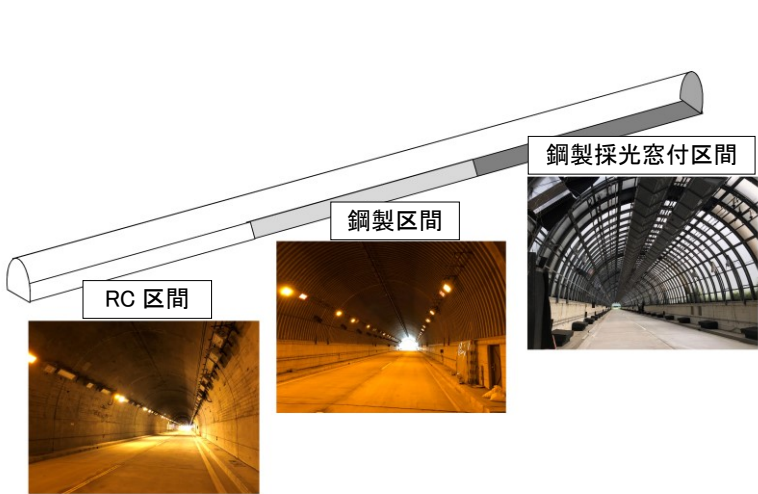


図 4 模擬トンネル 走行区間

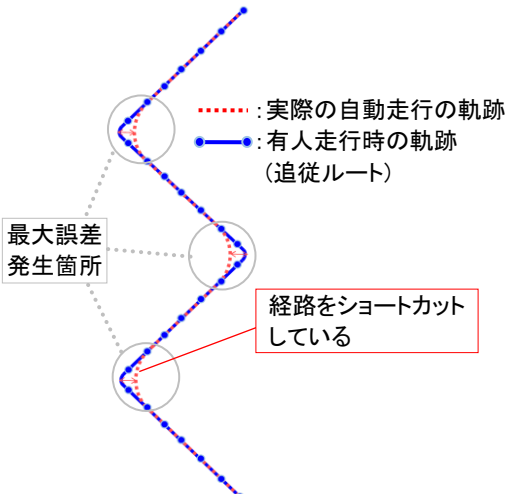


図 5 蛇行走行結果の最大誤差発生箇所

4. まとめ

SLAM システムを搭載したクローラダンプの自動走行試験を行い、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が、SLAM の精度に起因するものではなく、自動運転ソフトの設定によるもののため、ソフトを改良することで実用可能と考えられる。また、実際のトンネル現場に導入する際には、許容誤差を満たす蛇行量を考慮した運用計画を立てることで、実利用でのトラブル減少に寄与できると考える。