

アーティキュレートダンプトラックの自律運転システムの開発

(株)大林組 正会員 ○望月 勝紀 正会員 杉浦 伸哉 正会員 森田 晃司
SafeAI 非会員 平塚 龍 非会員 塩野 皓士

1. はじめに

ドローンやマシンコントロール建機といった ICT の活用により、土工事の生産性は格段に向上したが、これらの技術を扱う技能労働者不足の解決には至っていない。今後も技能労働者数の増加が見込めない中、建設各社は建機の自動化・自律化に取り組んでいる。当社においても、キャリアダンプ、バックホウ、アーティキュレートダンプトラック（以下、ADT と称す）等の自動・自律運転システムを開発中である。その中で ADT については、米国のスタートアップ企業である SafeAI 社と共同で開発を進めた。ADT は運搬系の建機の中でも、操作が難しいといわれているが、開発開始から 10 か月という短期間で ADT の自律走行に成功した。本稿ではシステムの概要と自律走行に関する実証実験について報告する。

2. システムの概要

本システムは、複数建機をコントロールするための群管理制御システム FMS (Fleet Management System) と建機に後付される自律化キットの 2 つで構成される。本システムは、建機メーカーによらず、ほぼすべての建機に適用できることが特徴である。FMS では、ダンプの位置、積荷の種類、稼働率、燃料残量といった施工管理に必要な情報の集約、走行ルートへの指示・変更が可能である(図-1)。自律化キットの設置例を写真-1 に示す。カメラ・LiDAR・GNSS 受信機・IMU 等は汎用品を採用することで短期間での開発に寄与している。

建機の自律化フローを図-2 に示す。STEP1 として、建機の内部通信ネットワーク CAN (Controller Area Network) のデータを解析し、建機を操作するための情報を取得する。STEP2 では、STEP1 で得られた情報を元に建機の制御ソフトウェアを構築する。STEP3 では、専用のシミュレーションソフトを用いて動作を確認し、改善事項があれば STEP2 と 3 を繰り返す。STEP4 で、自律化キットを建機にセットする。本開発では、実機を用いて動作確認するのではなく、シミュレーターを使うことで、開発時間の短縮を図った。安全装置については、障害物を検知した場合、無線が途切れた場合、施工エリアを逸脱した場合、非常停止ボタンを押した場合に緊急停止する機能を有している。障害物の検知は、カメラによる画像認識技術を用いており、人物・車・カラーコーン・転石・動物などを認識できる。認識精度については、Data Augmentation の 1 つである Cut & Paste という手法を用いて精度を向上させている。



図-1 FMS の操作画面



写真-1 自律化キットを搭載した ADT

キーワード 自動運搬, 自律運転, 重ダンプトラック, アーティキュレートダンプトラック

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-1-5-2 (株)大林組生産技術本部技術第二部 TEL03-5769-1302

物体の検出精度を示す IoU (Intersection over Union) は、対象物によって異なるが 0.6346~0.8383 となっており、おおむね良好な精度を示す (表-1)。

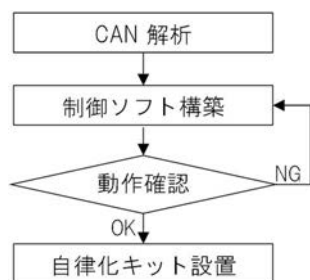


図-2 自律化の流れ

表-1 物体の検出精度

	物体の検出精度IoU	
	DA なし	DA あり
人物	0.5334	0.6434
カラーコーン	0.6354	0.7322
ポール	0.5159	0.6346
車両	0.3663	0.8383

3. 実証実験

2021年11月に米国シリコンバレー近郊の採石場にて、ADTの自律運転に関する実証実験を実施した。今回用いたADTは、Caterpillar社の725(25t積)となる。主な動作確認内容は、図-3のとおりである。土砂の積み込み建機(ペイローダー)の前に3ポイントターン(方向転換)で車体を寄せることができるか、あらかじめ設定した距離で障害物を検知して自動で止まれるか、障害物がなくなった際に再発進できるかといった動作を確認した。また、他の建機との協調運転を見越して、ADTとピックアップトラックを並走させ、接触しそうになると停止するといった動作も確認した。結果は、いずれの動作も正常に作動し、ADTの位置の誤差は25cm程度に収まった。障害物の検知および停止については、70m手前で障害物を検知し、20m手前で停止できることを確認した(写真-2)。

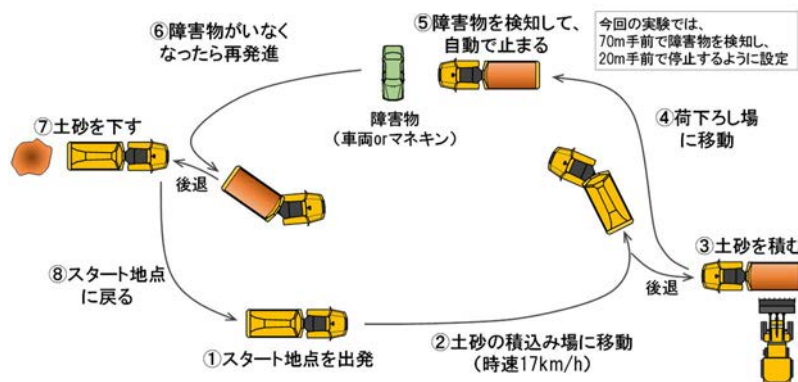


図-3 実証実験での動作確認内容



写真-2 障害物を検知して停止する様子

4. 今後の課題と計画

米国での実証実験が終わり、実用化の目途がついたが、センサーや無線の規格の違いから、米国の自律化キットをそのまま日本に持ち込めない。そこで、2022年5月より、日本で各種機器を調達して、日本の現場にて実証実験を行う。オペレーターによる運転との違いを確認するとともに、運用上の課題を抽出する予定である。また、FMSで出力した施工データと統合施工管理システムCMS(Construction Management System)を連携させることで、日々の施工計画を最適化する手法も検討する。さらに、4月からはブルドーザの自律運転システムの開発にも着手する。こちらも開発期間10か月程度での実用化を目指す。

5. おわりに

建機の自動・自律化技術は今後も急速に拡大していくと考える。筆者らも、土工事のさらなる生産性向上に寄与するべく、最新の技術を駆使して、迅速に開発を進めていきたい。