

## 実作業環境における油圧ショベルの自動運転に関する実証実験

安藤ハザマ 正会員○武石 学, 副島 幸也  
コベルコ建機(株) 非会員, 土井 隆行, 野田 大輔

### 1. はじめに

建設現場の生産性向上を目的に各所で建設機械の自動運転技術が開発されている。その中でも多様な作業に適用される油圧ショベルは自動化が強く望まれている。

筆者らは、これまでにティーチングプレイバック方式での油圧ショベルの自動運転システム（以下、自動運転システム）の技術開発に取り組み、実証実験で現場への適用性を検証してきた<sup>1)</sup>。今回筆者らは、実現場において自動運転システムの実証実験を行い、現場への適用性を検証した。本稿では、その自動運転システムの実証実験結果について報告する。

### 2. システム概要

今回開発した油圧ショベルの自動運転システムの概要を以下に示す。

- (1) 対象とした油圧ショベルはコベルコ建機製の SK135SR-5 である(写真-1)。
- (2) 油圧ショベルには位置・姿勢情報を取得する角度センサなど各種センサを搭載しており、これらのセンサ情報は制御用コントローラに集約される。この情報からバケット、アーム、ブーム、旋回状態などを把握し、それぞれの部位を制御することで自動運転を行っている。
- (3) 自動運転させたい動作内容を運転手が行い、それを記録(ティーチング)し、操作タブレットから再現指示することで繰り返しの自動運転が可能となる。
- (4) LiDAR を搭載し、AI にて掘削対象物と排土対象物の位置と形状を認識、判断する外部認識機能を搭載している(写真-2)。



写真-1 使用した油圧ショベル

### 3. 実験方法

実証実験はシールド工場の現場において、ピットに貯留している掘削土砂をダンプトラックに積み込む作業を自動運転で行い、有人運転手との速度比較や安全性などを検証した(写真-3)。自動運転の動作手順は次の通りである。実証実験前には、準備作業として(1)～(3)までを実施し、(4)～(7)はダンプトラック毎に行うことで自動運転を行っている。

- (1) 自動運転システムで油圧ショベルの各部位の挙動であるセンサデータの記録を開始する。
- (2) 運転手が土砂の掘削からダンプトラック荷台に積み込むまでのショベルの動作軌跡を記録する。
- (3) 自動運転システムの記録を停止する。
- (4) 運転手が別ショベルの運転席から操作タブレットで記録した動作の再現を指示する。



写真-2 搭載したLiDAR

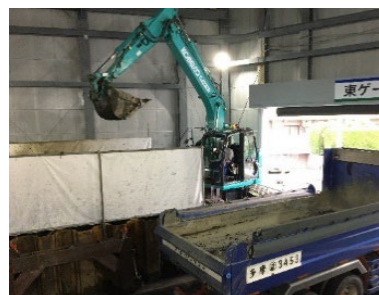


写真-3 自動運転の状況

キーワード 油圧ショベル, 自動運転, ティーチング, 外部認識機能

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 Tel. 029-858-8815 E-mail: takeishi.manabu@ad-hzm.co.jp

- (5) AIによる外部認識機能で検出，認識した掘削対象のピット内の掘削土砂形状を特定する。
- (6) 掘削土砂形状とセンサデータから，自動運転システムが動作経路の生成と掘削動作を実行する。
- (7) 自動運転システムはペイロード機能と連携し，バケットにすくい取った土砂量を計測して，ダンプトラックへの土砂積み込み量が設定値を超えると動作を自動的に終了する。

## 4. 実験結果

### (1) 有人運転手との作業時間の比較

現場で実証実験を開始時した直後の自動運転システムによるダンプトラックへの土砂積み込みに要した時間は，有人運転手と比較して約2倍となっていた。その後，制御方法と動作設定を見直すことで1.6倍の作業時間で積み込み作業を自動化することができた(図-1)。自動運転に際しては，別途ティーチングや準備作業に時間を要するものの，何度も行う必要がないため，サイクルタイムへの大きな影響は与えないと考えている。

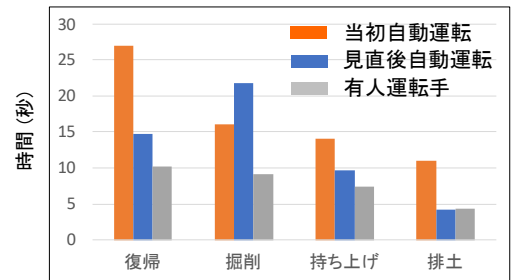


図-1 積み込み作業の時間

### (2) 安全性について

実証実験に際して，①指揮命令系統の明確化②人や土砂ピット，ダンプトラックとの接触防止③非常停止装置を含む複数の安全措置，について対策を講じる必要があった。その中でも稼働中の現場であることから，人や物への接触防止を重点的に対策した。現場は油圧ショベルの動作範囲に余裕がない条件であったが，油圧ショベルの稼働範囲について制限を設けることで土砂ピットやダンプトラックに接触することなく積み込み動作を行うことができた。特に，飛散防止のシートを避けながら旋回とブームを上げる同時動作を行ったが，目標通りに動作して接触することはなかった(写真-4)。

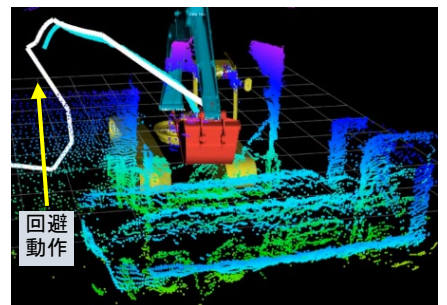


写真-4 飛散防止シートの回避

### (3) 現場適用に向け追加した機能

現場に自動システムを適用するにあたり，必要と考える機能を開発・実装して問題なく動作することを確認した。

- ①ダンプトラックへの横積み：現場条件によっては横向きのだンプトラック荷台へ積み込み作業を行うことがあるため，荷台に接触することなく，土砂を均等の高さに積み込む機能を実装した。

LiDARでダンプトラックの荷台位置を検出している(写真-5)。

- ②ペイロード機能：油圧の負荷状態から積み込んだ土砂の重量を算定するペイロード機能を実装することで，ダンプトラックへ積み込んだ土砂量を過不足なく管理できるようになった。

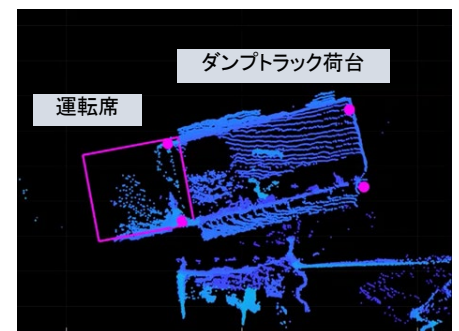


写真-5 ダンプトラックの検知状況

## 5. まとめ

シールド工場の現場において，ピットに貯留している掘削土砂をダンプトラックに積み込む作業の実証実験を行い，作業時間や自動運転の安全性が実現場に適用できるレベルであることを確認した。また，自動運転システムを様々な現場条件に適用するための機能として，ダンプトラックへの横積みやペイロード機能を実装し，問題なく動作することを確認した。今後は現場での長期稼働・過酷な環境に耐えられるよう開発を継続し，早期に実現場への展開を実現して現場の生産性向上を実現したい。

## 参考文献

- 1) 武石学ほか：自動運転油圧ショベルの現場適用性向上に向けた実証実験報告，土木学会第76回年次学術講演集，VI-208，2021