

自動運転油圧ショベルの現場実証報告

安藤ハザマ 正会員○武石 学, 副島 幸也, 千野 雅紀
コベルコ建機㈱ 非会員 山崎 洋一郎, 山下 耕治, 上村 佑介, 野田 大輔

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、建設機械の自動運転技術のニーズがあり、なかでも多様な作業に適用される油圧ショベルの自動運転技術は、開発が強く望まれてきた。

筆者らは、油圧ショベルの自動運転システムの技術開発に取り組み、濁水処理装置における脱水ケーキのダンプトラックへの積み込み作業を例に実現場での適用性を実証実験により検証した。本稿では、開発した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) 開発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) 自動運転システムは自動運転のために位置・姿勢情報を取得する角度センサ、加速度計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にて行い、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自動運転が可能となる。

(4) 油圧ショベルが現場の動作範囲の制約に対応するために、非常停止装置および赤外線センサを周囲に設置し、想定動作範囲を逸脱した際に手動あるいは自動で自動運転を停止する機能を付与した。



写真-1 油圧ショベル



写真-2 実験状況

3. 実験方法

開発した自動運転システムで運転手がティーチングした動作を再現できるかを、実際の現場で実証実験した（写真-2）。実験では濁水処理設備の脱水ケーキをピットからダンプへ積み込む作業の一連を自動運転させた。自動運転の作業手順を図-1 に示す。

(1) 自動運転システムで油圧ショベルの各部位の挙動をセンサで記録を開始する。

(2) 運転手がピットからダンプ荷台に脱水ケーキを積み込む作業を行う（①→②→③→④）。

(3) 自動運転システムの記録を停止する。

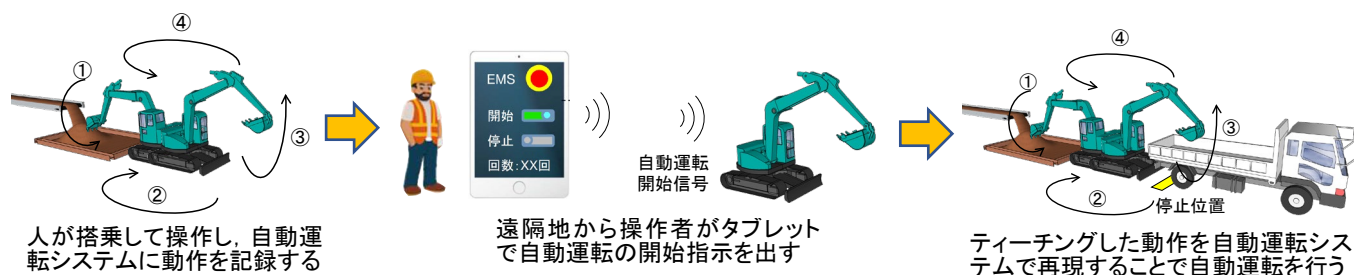


図-1 作業手順

キーワード 油圧ショベル, 自動運転, ティーチング

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 先端・環境研究部 TEL 029-858-8815

- (4) 自動運転システムの操作者は遠隔地にある操作タブレットから記録した動作の再現を指示する。
 (5) 自動運転システムは記録したセンサデータに基づき、運転手の動作を再現する (①→②→③→④)。
 (6) 手順(5)を指定した回数繰り返し、ダンプの積み込み作業を完了させる。

上記実証実験の際は、安全面を考慮し、タブレット操作者、非常停止装置の操作者を決め、それ以外の作業者は自動運転している油圧ショベル周辺には近づかないこととした。

4. 実験結果

(1) 安全装置の動作確認

実験前の安全確認として、非常停止装置の起動、および周囲に設置した赤外線センサの検知によって、自動運転している油圧ショベルが設定通りに動作を停止することを確認した。

(2) 自動運転の実験結果

自動運転の実験時のバケット刃先先端の軌跡を図-2, 3に示す。

自動運転システムは記録したセンサデータに基づき、下記①～④の記録した油圧ショベルの動作を再現した。その際の動作は、目標バケット先端位置に対し 120mm 以内におさめることができた。なお、現場は動作できる範囲が限られているため、安全上の観点から一連の自動運転 (1 サイクル) を 40 秒程度で作業した。

① 掘削

バケット先端が旋回中心から 8,000mm の位置から掘削動作を開始し、ブーム、アーム、バケット操作をしながら、水平にバケット先端を移動させ、ピット内の脱水ケーキを掘り上げることができた(図-2)。

② 持上旋回

ティーチングで指定した位置を通ることで、地盤から高さ 1,500mm のダンプ荷台とバケットとの衝突を回避しながら、掘削開始位置から 180 度に位置するダンプ方向まで旋回動作がスムーズにできた(図-2, 3)。

③ 排土

バケット先端が旋回中心から 5,700mm の位置から排土操作を行うことで、ダンプ荷台中央部に脱水ケーキを積み込むことができた(図-3)。

④ 復帰旋回

旋回動作を行い、バケット先端が旋回中心から 8,000mm の掘削開始位置へ復帰できた(図-2, 3)。

5. まとめ

開発した自動運転システムにて、運転手が行ったダンプトラックへの積み込み作業を記録し、記録内容を自動運転で再現することで現場作業が実施でき、実際の施工に適用可能であることを確認した。

また、自動運転の現場適用における安全・運用ルールという面では、非常停止・赤外線センサを設置することで、安全かつ周囲作業員も安心して作業ができることを確認した。

今回の実験を行った現場は、周囲環境の制約から自動運転する油圧ショベルと周囲干渉物との距離が近く、作業の安全性確保の観点から特定の作業のみゆっくりと動かし、特定の作業のみ経路・位置を変更したい、という状況が発生した。現場適用に向けては、動作速度、および経路・位置を現場状況に合わせて容易に変更・修正可能なシステムにする必要があることが分かった。

今後も油圧ショベルの自動運転技術の開発に取り組み、安全・安心なシステムを確立して現場適用を行うとともに、将来的には AI を活用した高度な自動運転技術を開発することで生産性向上を実現したい。

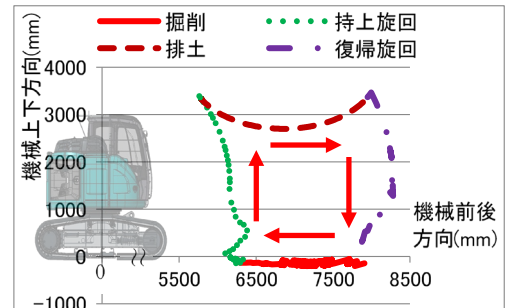


図-2 刃先軌跡 (機械 側面図)

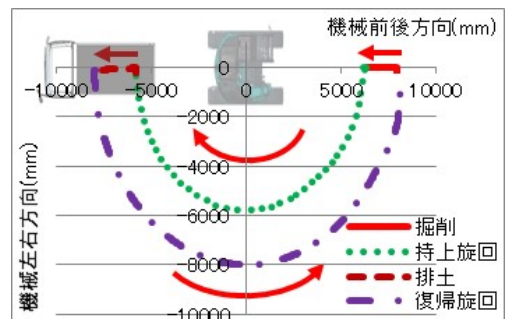


図-3 刃先軌跡 (機械 上面図)