

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

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, 山下 耕治, 土井 隆行, 野田 大輔, 藤原 翔

1. はじめに

建設現場での施工は複数種の建設機械を使用することから、多くの建設機械の自動運転技術が開発されており、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運転技術の開発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、現場適用性について報告した¹⁾。今回筆者らは、運転手1名が通常の油圧ショベルを操作しながら自動運転ショベルの運転管理が可能なシステムを開発し、現場への適用性を実証実験により検証した。本稿では、開発した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 ED160-5 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、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 とカメラを搭載し、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 自動運転に使用した油圧ショベル

3. 実験方法

開発した外部認識機能が対象物を正しく認識・判断でき、その内容をもとに人の運転操作と同様に自動運転できるか実証実験を行った。実験は積み上がった土砂をダンプトラック荷台へ繰り返し積み込む一連の動作について検証した(写真-3)。自動運転の動作手順は次の通りである。

- (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) 運転手がバケットを操作し、掘削対象となる土砂の作業範囲を指定する。
- (3) 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。
- (4) 自動運転システムの記録を停止する。
- (5) 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とカメラ



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

(6) AI による外部認識機能で検出，認識した掘削対象の土砂山の形状・位置と排土対象のダンプトラック荷台を特定する．特定した情報と記録したセンサデータから，自動運転システムが掘削位置と動作経路を自動生成して自動運転の動作を実行する．自動運転システムの外部認識機能は，バケットにすくい取った土砂量を計測でき，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積み込み動作を自動的に終了する．

4. 実験結果

(1) 外部認識機能の実験結果

LiDAR で計測した情報と AI を用いて認識した土砂の位置形状をもとに決定した掘削位置でバケット内に土砂をすくい取れたことから，掘削対象物の形状と位置が適切に認識できていることを確認した(図-1)．また，LiDAR とカメラによる情報から AI が算定したダンプトラックの荷台位置は，ショベルとの相対位置で実測に対して $\pm 50\text{mm}$ 以内の差異であったことから，現場適用に問題のない精度で算定できていることを確認した(図-2)．

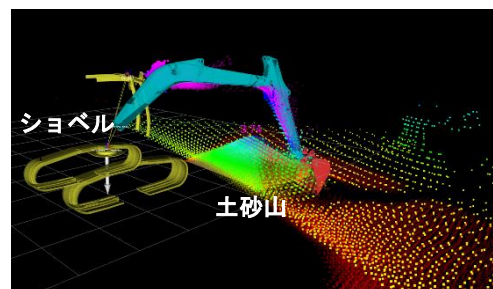


図-1 土砂形状・位置の認識結果

(2) 自動運転の実験結果

自動運転の掘削動作時と排土動作時のバケット刃先端の軌跡を図-3 に示す．実験では運転手が別ショベルの運転席からタブレットを操作し，ダンプトラックへ

の土砂積み込みが可能であることを確認した．この時，土砂の荷こぼし，ダンプトラックへの接触もなく，十分に現場で適用できる積み込み動作であることを確認した．

① 掘削動作

繰り返し作業において，自動運転システムは認識した土砂山位置から自動的に掘削開始位置を決定し，土砂山範囲内をバケットですくう毎に次の掘削位置を横ずらしする一連の自動運転動作を行うことで，土砂山全体を連続的に掘削することができた．

② 排土動作

自動運転システムは，認識したダンプ荷台位置から自動的に排土位置を決定し，ダンプ荷台範囲内で自動的に排土位置を前後にずらすことで，ダンプ荷台全体に土砂を積み込むことができた．バケットにすくい取った土砂量を適切に計測し，ダンプ荷台の土砂量が設定値を超えると自動的に積み込みを終了した．その後，自動的にダンプ荷台の土砂を整形するための均し動作も適切に行うことができた．

5. まとめ

AI による外部認識機能が，土砂位置と形状ならびにダンプトラックの荷台位置を判断でき，その内容をもとにした土砂の自動積み込みが，現場に適用可能であることを確認した．また，外部認知機能を用いて動作内容を自動調整することで，運転手 1 名が通常の油圧ショベルを操作しながら自動運転ショベルの運転管理が可能であることを確認した．今後も油圧ショベルの自動運転に関する開発を行い，さまざまな作業に適用できる高度な自動運転システムを開発することで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実証報告，土木学会第 75 回年次学術講演集，VI-1135，2020



図-2 ダンプ荷台位置の検出結果

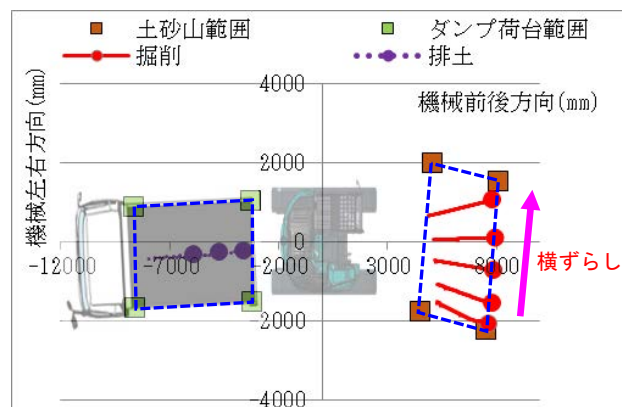


図-3 認識結果から自動的に決定した刃先軌跡