

フル電制対応油圧ショベル CAT320 を用いた自動化システムの開発 ～ T-iROBO® Excavator による土砂ピット掘削積込みの自動化 ～

大成建設株式会社技術センター ○正会員 片山 三郎, 正会員 青木 浩章, 正会員 遠藤 亮雄
キャタピラー販売促進部 山本 茂太

1. はじめに

近年、人口減少に伴い熟練労働者不足が表面化してきており労働生産性を高めるべく、様々な業界で多くの施策が示されている。建設業においては、国土交通省が i-Construction を提唱し、ICT を施工に全面的に適用することで、建設施工での生産性向上を目指している。そのような中、多くの開発者がロボット技術を駆使し、多くの建設機械の自動化や施工ロボットを次々と開発し、実施工で実際に使用し始めている。

こうした中、著者らは建設現場で特に多く使用されている機械である油圧ショベルに着目した。油圧ショベルは土砂の掘削、積込み、整形など多種多様な作業を行える汎用性の高い機種であり、国内の多くの建設現場で使用されている。多用される建設機械を自動化することは多くの現場に展開することができる可能性を秘めているので、効果の高い開発であると考えた。そこで本開発では、多岐にわたる油圧ショベル作業の中で、最も基本の使用方法である土を掘削してダンプに積込むという作業の自動化を目指した。そして使用する油圧ショベルは汎用性の高い 20t 級の油圧ショベル CAT320 (図-1) を適用した。なお CAT320 は 20t 級の油圧ショベルで初のフル電子制御対応機である。標準で電子制御化されている機械は自動化技術を適用し易い建設機械であり、本論文はこの機械を活用して、土砂ピットの掘削積込み作業の自動化システムを開発した報告である。



図-1 20t 級油圧ショベル (CAT320)

2. フル電制対応機械について

建設機械を自動化するとは、周囲の状況をセンシングして、そのセンシング結果に応じて演算し、機械を制御することである。その為、建設機械には『周囲の状況を把握するセンサー』とコンピュータで演算した結果通りに『機械を動かす制御』の仕組みが必要となる。電制化されていない通常の建設機械の場合、センサーを後付し、更に機械制御のため操作レバーを動かす機構が必要になる。(図-2 はハンドルをモーターで動かす機構の例) 今回使用した CAT320 はフル電制化された建設機械であるため、機体の状態を把握する各種センサー類は標準搭載され、また制御系も電気信号を受け付けられるようにあらかじめ設計されており、用途に応じた最小限のセンサーを追加するだけで前述のような自動化を容易に開発する基盤が整っている機械である。つまり、機械の状態や制御を図-4 の様にコンピュータと建設機械をコネクターで接続するだけで建設機械の自動化が容易におこなえる。



図-2 ハンドル制御機構の例

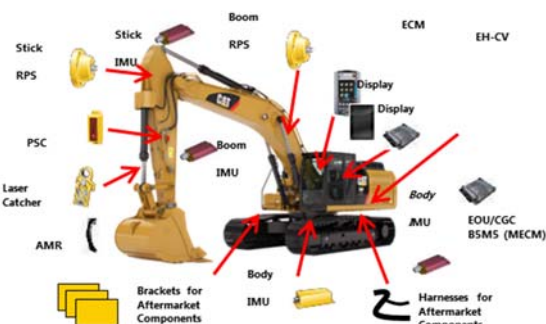


図-3 フル電制機械のイメージ



図-4 プラグイン状況

キーワード i-Construction, 油圧ショベル, 電制機, 土砂ピット自動掘削

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター生産技術開発部 TEL045-814-7247

〒220-0012 横浜市西区みなとみらい 3-7-1 キャタピラー 販売促進部 TEL045-682-3554

3. 開発した自動化システム概要

建設現場では施工中に発生する残土を一時的にピットの中に溜めておき、適時、油圧ショベルでダンプに積込んで場外搬出することがある。本開発ではこの積み込み用に用いられる油圧ショベルの土砂掘削積み込み作業を自動化した。システム全体概要を図-5に示す。前述した通り本開発ではフル電制対応機械を使用しているため新たに追加したセンサーは外界を認識するセンサー（土砂認識、ダンプ認識）のみである。土砂認識にはステレオカメラを用いて、土砂を点群化し認識させた。また油圧ショベルとダンプの位置関係はレーザーセンサーを用いて距離を検出しダンプの有無を判断した。これらのセンサーを用いてダンプの有無の判断、土砂ピットの土砂形状の認識、バケットを土砂のある位置に制御して掘削、ダンプの位置を正しく認識しての積み込みの一連作業の自動化をおこなった。



図-5 開発システム概要

4. 自動化システムの能力検証

今回開発したシステムの能力を多角的に評価するため4つの評価軸を用いて、人が搭乗しての有人操作と比較した。4つの評価軸は以下の通りである。

- ① 積込量 (t/h) : 1時間連続積み込みした時の積み込み量
- ② 積込誤差 (%) : 目標積込量との比率
- ③ 荷こぼれ率 (%) : 積み込み時のベッセル外に落とす土砂量
- ④ エネルギー効率 (t/ℓ) : 燃料1ℓ当たりの積み込み量

評価結果を図-6、試験状況を図-7に示す。評価の結果、有人と比較すると積み込み量が66%であったがその他の評価は有人とさほど差が見られなかった。十分に現場で試行可能なレベルであったと言える。今後、実現場で適用し、更なる洗練化は必要であるが、自動化の第一歩としては非常に満足のいく結果であった。

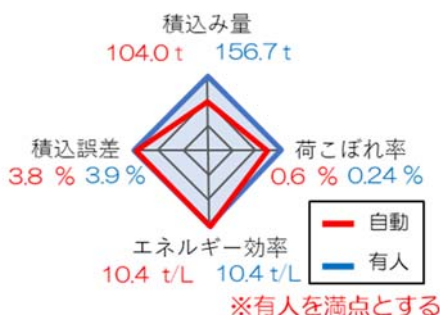


図-6 評価結果



図-7 試験状況
(上: 積込量, 下: 荷こぼれ率)

5. まとめ

油圧ショベルは多用途で非常にニーズは多いが、自動化には作業対象となる土砂認識のためのセンシング技術、多関節で複雑な機構を制御する機械制御技術が求められ、自動化は非常に難度が高い建設機械の一つであった。しかしながら、近年の技術革新の速度は目まぐるしく、数年前までは開発に時間を要した油圧ショベルの自動化を今回、約3年で実用レベルの開発することができた。今後は現場での試行を通じてより実践的なシステムにしていく予定である。なお、今回使用したCAT320は自動制御プログラムを自動掘削積み込み用途で開発したが、著者らが別途開発したT-iROBO® Breakerの制御プログラムに入替えることで簡単に別用途の自動化も実施できた(図-8)。このようにフル電制機械を用いればソフトウェアの入替のみで多用途の自動化をおこなうことができることも示せた。



図-8 別プログラム実装状況