

自律制御型ブルドーザの開発

大成建設(株)土木本部機械部 正会員 ○中居 拓哉 正会員 佐野 和幸 正会員 若山 真則
正会員 佐藤 将 正会員 中村 凌

1. はじめに

高齢化による生産労働人口の減少が社会的な問題となる中、生産性向上や労働力不足の解消は建設産業においても大きな課題となっている。そのため、当社では映像や計測などの各種データの利活用により、建設現場をスマート化する建設DX(デジタルトランスフォーメーション)を推進し、生産性向上に努めている。中でも建設機械の自動化技術は省人化だけでなく、安全性の向上が期待できるため、様々な技術開発を推進してきた。

このような背景から、当社は2013年より自動・自律型や遠隔操作で作業を行う建設機械「T-iROBO®シリーズ」の開発に取り組んでおり、この度、センシング技術の開発によって自ら土砂山を見つけて押土距離や幅を自動で計算・制御する、自律制御可能なブルドーザ「T-iROBO Bulldozer」を開発した。

本稿では、ブルドーザ自律制御技術の概要とその実証試験結果について報告する。

2. 自律制御ブルドーザのシステム概要

今回使用したブルドーザは小松製作所製D61PX-24をベースマシンとして、制御システムからの指令で動作するように電制化改造を行ったものである。自律化ブルドーザは、通常の有人搭乗型建機に加え、大きく3つのシステムで構成される。

- ・ブルドーザを動かすための「制御システム」
- ・土砂山を見つけるための「土砂山センシングシステム」
- ・人や障害物を検知するための「安全システム」

上記の他、ブレードを設計面に合わせ制御するための「マシンコントロール」や各種通信機器・GNSSアンテナなどの設備を組み合わせ、自律制御を可能とした(図1)。

ここで、自律押土のための土砂山センシングシステムについて、詳細を説明する。土砂山センシングシステムは、3つのセンシング機能を有する。①土砂山の正面に移動するための位置センシング機能、②押土の距離や回数を決めるための大きさセンシング機能(図2)、③粒径が品質の仕様に収まるか判定するための粒径検出機能(図3)である。これらのセンシング機能により、あらかじめ土砂山の正確な位置を確定することなく、自ら土砂山を発見し自律制御による押土が可能となった。また、押土制御にはマシンコントロールを用いた設計面に合わせる制御機能のほか、センシングの結果押し切れずスタックしそうな土砂山と判断した場合に、土砂山の上の方から崩していく荒崩し制御機能の実装も行った。



図1 自律制御型ブルドーザ

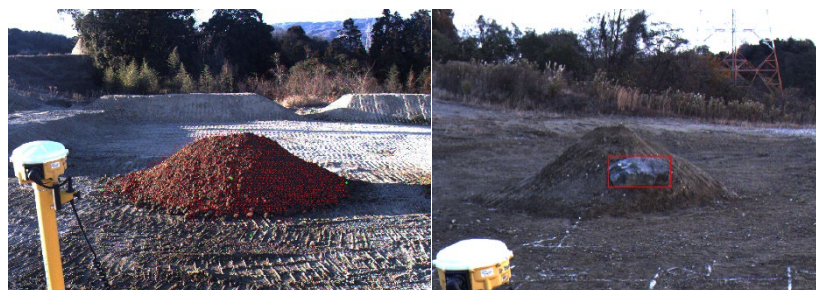


図2 大きさセンシング状況

図3 粒径センシング状況

これらのセンシング機能により、あらかじめ土砂山の正確な位置を確定することなく、自ら土砂山を発見し自律制御による押土が可能となった。また、押土制御にはマシンコントロールを用いた設計面に合わせる制御機能のほか、センシングの結果押し切れずスタックしそうな土砂山と判断した場合に、土砂山の上の方から崩していく荒崩し制御機能の実装も行った。

キーワード DX, i-Construction, 自動運転, 自律化, ブルドーザ,
連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1(新宿センタービル内)
大成建設株式会社 土木本部機械部 メカロボティクス推進室 TEL:03-5381-5309

3. 自律押土の実証

今回開発した自律施工の能力検証のため、1山単位での仕上がり品質・施工速度を自動施工による敷均しと比較した。試験条件は下記の通りである。

- ・計測時間：ブルドーザの走行開始から、ブルドーザが押土を完了しダンプトラック待機状態に入るまで
- ・使用ダンプトラック：いすゞ自動車製タイヤ式10tダンプ
- ・設計面ブレード制御：マシンコントロール
- ・仕上がり厚さ：0.5m

土砂山の作成は有人ダンプで行い、ブルドーザのおおよそ正面に排土した。自動施工においては、あらかじめ敷均しの方位・長さ・回数を定めておき、固定したパラメータでの押土制御とした。自律施工においては、敷均し方位は固定とし、回数・長さはセンシング結果から自動算出されるパラメータとした。

表1の結果より、自律施工の方が制御時間が約5秒短くなっていた。また、自動施工では有人ダンプの排土位置が少しずれると押し残し（図4）が生じるなど、施工品質に課題があった。これらは、自律施工の方がより最適な経路で押土制御ができているからだと思われる。一方で、自律押土では土砂山の検知・解析のためのセンシングで計45秒要しており、自動施工と比較して合計で40秒ほど施工時間が長くなった。

表1 自動施工と自律施工の押土結果比較

	自動施工	自律施工
センシング合計時間	—	45秒
制御時間	90秒	85秒
合計計測時間	90秒	130秒
押し残し	発生する	なし



図4 押し残し発生状況

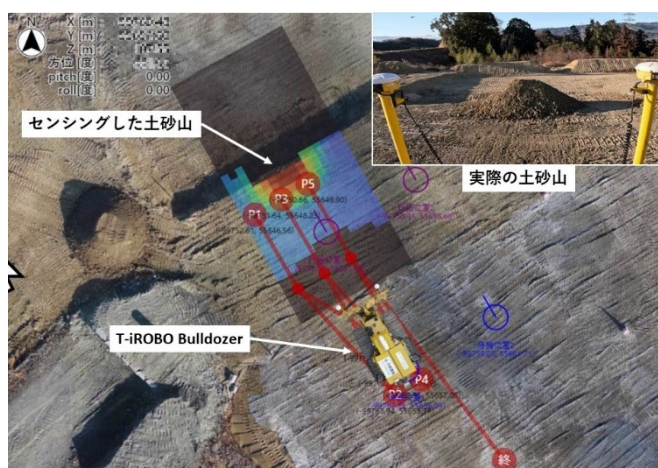


図5 押土経路生成結果可視化画面

4. まとめ

センシング技術を使用せず、決まった動作を繰り返す自動運転も可能ではあるが、有人施工のように土砂山の位置・大きさに応じた高度な自律化施工を実現するためにはセンシング技術が必要不可欠である。今回はD61PX-24ブルドーザを用いて一連の施工を自律化するシステムを開発し、その施工能力の検証を実施した。その結果、現状のシステムで自律施工の実施が可能であることは確認できたが、その施工能力は自動施工した場合の約69%と課題が残る結果となった。しかし、押し残しによる手戻りが生じないことや、これからの開発によりセンシング時間の短縮が見込めることを考えれば、自律施工が十分効果的であることがわかる。今後はこれらの改善の他、エリア内の連続しての施工により、単位時間あたりの施工能力として有人施工と同等レベルの施工能力を目指す。

参考文献

- 1) 中居拓哉, 若山真則, 小森聡, 田中真由子: 自動建機群の協調制御システム「T-iCraft®」の実証, 土木学会第76回年次学術講演会, VI-684, 2021