

10 t 級クローラダンプを用いた自動走行システムの開発

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
大成建設株式会社土木本部機械部 正会員 若山 真則

1. はじめに

国土交通省が建設現場の生産性向上を目的として推進している i-Construction を受けて土木工事では建設機械の自動化への取り組みが活発化している。すでに多くの開発者らによって建設機械自動化の開発がおこなわれており、多くの施工現場での実証検証も実施されている。自動化技術は生産性向上に資するのはもちろんだがそれだけではなく、苦渋作業の代名詞である建設現場を魅力あるものに変え、若年者離れに歯止めがかけられると期待感も高まっている。このように今後必須となってくる自動化技術に対して、著者らは土砂運搬機械であるクローラダンプ（図-1）に着目し自動走行システムの開発を実施した。クローラダンプはトラフィカビリティの低い地盤での土木工事で使用される建設機械であり、通常は複数台導入されることが多いため自動化する開発効果が高いと考えられる。類似技術の遠隔操作方式では 5.5km/h^{*1} 程度の走行速度とされているが、今回の開発においては搭乗操作と同等レベルの走行能力（7～8km/h）を有するシステムの開発を目指した。本稿はこれらの開発概要および実験結果についての報文である。



図-1 10t 級クローラダンプ
(MST-2200VDR)

2. 開発概要

クローラダンプの作業は図-2 に示すように主に①積込機への接近走行、②運搬路の走行、③排土の3つに大別される。本論では②の運搬路の走行の自動化を対象とした。本自動走行システムは図-3 に示すように有人で走行した走行軌跡と速度を記録しておき、その走行軌跡に沿って任意の速度で自動走行させるシステムである。さらに今回、図-4 のように走路上の障害物を検知して、回避可能な場合は自動で回避する機能の開発や 5G を使った無線通信で自動制御の検証もおこなった。図-5 に自動化したクローラダンプを示す。

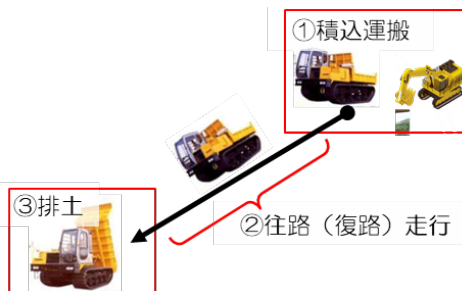


図-2 クローラダンプの主要作業

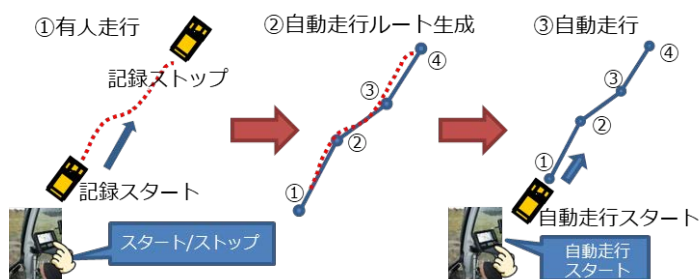


図-3 自動走行システム概要

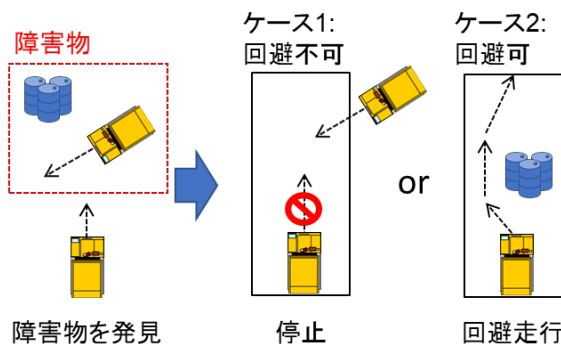


図-4 障害物回避



図-5 自動化クローラダンプ

キーワード i-Construction, クローラダンプ, 自動運転, 作業能力, 自動障害物回避, 5G 通信

3. 走行検証

自動走行システムの検証は3種類の実験コースを用意しそれぞれ3回走行しその時の走行誤差で評価した。コースについては基本性能を評価するためアップダウンの少ない平地で直線だけのコース、実施工に近いアップダウンを含む、やや距離の長いコースを2種類用意した。図-5に実験ヤードを示す。走行速度についてはクローラダンプ1速時の最大速度8km/hを目標に走行させカーブ時は曲率半径に応じた速度に自動制御した。この速度は人が運転する速度と同等である。また走行コースの地盤は粘性土で雨天時には著しくトラフィカビリティが低下しホイールダンプでは走行が困難になる地盤である。

4. 検証結果

表-1に走行検証結果一覧を示す。

(1) 基本性能検証（直進性）

延長50m、勾配3.1度の地盤に直線コースを設け基本性能検証を実施した。3回走行検証を実施した結果、直進走行での横ブレ誤差は標準偏差で概ね0.17m、最大0.44cmであった。状況観察では同一の履帯跡を繰返し走行しているのでその精度の高さが見て取れた。

(2) 実践的走行検証

最大走行距離270m、最大勾配11.2度で10tの土砂を積込んだ実車と空荷の状態で検証した。結果、誤差は標準偏差で概ね0.2m、最大1.0m程度であった。実践的なコースにおいても基本性能と変わらない結果であった。また、実車と空車において走行精度に与える影響はほとんどなく、大きな差は認められなかった。

5. まとめ

今回開発した自動走行システムの最大の特徴は8km/hで自動走行を実現した点である。これは実際に人が搭乗して運転した時と同等の速度である。また無人化施工での平均速度は5.5km/h^{※1}というデータもあるが今回はもちろん、それより速い。更に今回、障害物回避（図-6）が可能で、5G通信を使うことで安定した自動制御が可能になることが示せた。自動化技術では、人と同等になるには高いレベルの先進的な技術が必要になる。今回、ダンプの走行だけであるがそれが達成可能なことを示せたことの意義は大きい。今後は走行だけでなく積込機への接近および排土場における自動化も目指し、ダンプ作業における全自動化システムの開発を実施したい。



図-5 実験ヤード概観

表-1 自動走行検証結果一覧

コース		直進	実験コース1（実車）	実験コース2（空荷）
概観				
走行距離		50m	270m	173m
最小曲率半径		∞	11.2m	7.1m
最大斜度		3.1度	11.2度	11.2度
評価指標				
速度	MAX	6.7km/h	8.1km/h	7.8km/h
	AVE	4.9km/h	5.9km/h	5.7km/h
走行誤差	MAX	0.44m	1.02m	0.88m
	σ	0.17m	0.25m	0.16m



図-6 障害物回避状況

参考文献

※1 平成17年3月 無人化施工の積算基準（案）建設無人化施工協会 p4-7