

## 55t 級ダンプトラック HD465 を用いた自動化リジッドダンプの開発

大成建設(株) 技術センター ○正会員 遠藤 亮雄, 正会員 青木 浩章

## 1. はじめに

高齢化による生産労働人口の減少が社会問題となる中、建設業界では3K(きつい, 汚い, 危険)に代表される負のイメージによる若者離れ, さらに近い将来に高齢者の大量離職が見込まれており, 将来の担い手不足が深刻な問題となっている。そのため, 国土交通省は ICT 技術の活用による生産性の向上を目指す「i-Construction」を提唱しており, データを利活用して建設現場をスマート化する技術が活発に開発されている。中でもロボット技術を駆使した建設機械の自動化は, 省人化による生産性の向上だけではなく, 無人化による安全性の向上も期待できるため, 多くの自動化建機が開発され, 実際に施工現場で使用され始めている。

こうした中, 筆者らは1つの建設現場で多くの台数が稼働するダンプトラックに着目し, 自動走行システムの開発を実施してきた。そしてその開発過程において 10t 級クローラダンプの自動化を実現した<sup>1)</sup>。今回はクローラダンプに比べて高速走行が可能な 55t 級リジッドフレーム式ダンプトラック(以下, リジッドダンプと称す)の自動化開発を行った。本稿では開発した自動運転システムの概要および能力検証結果について報告する。

## 2. 自動運転システムの概要

本開発では, ①積込機械への接近走行, ②土砂運搬, ③排土場所への接近および排土動作, ④積込み場への走行といった土運搬作業の一連動作の自動化を行った。使用した機体は小松製作所製 HD465 をベースマシンとして, 制御 PC 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。また図-1 に示すように, 周囲の状況を把握するためのセンサ類を設置することで自動制御を可能とした。自己位置の取得には RTK-GNSS 方位計を用いた。

ここで, 図-2 に今回開発した自動運転システムの概要を示す。有人で走行させて記録した走行軌跡や速度に沿って自動走行する「経路走行」や積込機械や排土場所へと接近する「接近走行」及び土砂を排土する「排土」といったタスクを組み合わせながら作業シナリオを作成することにより, 土運搬作業の一連動作の自動化を可能とした。「経路走行」は最高速度 30 km/h での走行が可能である。また「接近走行」は積込機械や敷均し機械の位置情報を受け取ることで走行経路の自動生成を行い, 低速で接近走行を行う。これにより, 作業経過による積込・排土場所の変化への対応を可能とした。また, 安全に対する機能も実装した。1 つは自動運転中に懸念される人や障害物への接触に対する安全機能である。これは, 機体に設置されている LiDAR センサにより障害物が走行経路上に検出された場合, 自動で減速・停止を行う機能であり, 30 km/h での走行時においても障害物に接触することなく停止することを確認している。もう 1 つは走行経路からの逸走に対する安全機能である。もとより走行経路から機体が逸走した際は自動で停止する機能が自動走行プログラムに組み込まれているが, 万が一に暴走した場合の対策として遠隔非常



図-1 55t 級自動化リジッドダンプ

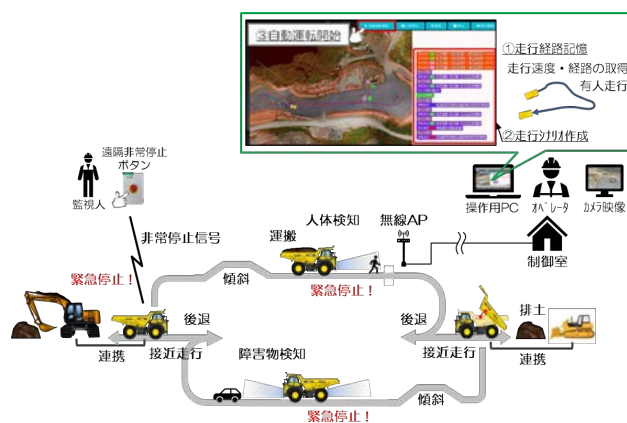


図-2 自動運転システムの概要

キーワード i-Construction, ダンプトラック, 自動運転, 走行精度, 安全システム, 高速走行

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 TEL045-814-7252

停止装置も実装しており、携帯型の非常停止ボタンを押すことで強制的に走行を停止させることができる。この非常時の無線信号は自動運転の指令を送る信号とは異なる周波数帯を使用しており、UI(ユーザインターフェース)上から停止信号を送れない状況にも対応可能としている。さらに、非常停止装置の発信機と受信機は常に接続確認を行い、接続されていない場合は自動運転が停止する仕組みとすることで、無線が繋がらなくて非常停止することが出来ないといった事態を防げるようになっている。

### 3. 自動運転システムの能力検証

今回開発したシステムの走行精度の検証を行った。図-3に検証を行った実験コースを示すが、斜度13%を含む総延長が約1500mのコースとなっており、土運搬作業の1サイクルを模擬して積込場と排土場を配置している。機体の自動運転は予め有人走行で記録した経路に対して経路走行を行い、積込場・排土場への走行は自動で経路を生成する接近走行で行った。積込場から土砂を積込んだ状態で自動運転を開始し、排土場で排土した後に再び積込場へと戻ってくるまでの走行誤差及び積込場や排土場への停止位置誤差を計測した。5回計測を実施した際の最大誤差及び走行誤差の標準偏差の算出も行った。図-4に誤差の算出方法を示す。走行誤差は自己位置と近い目標経路2点との垂直距離、停止位置誤差は実際に停止した位置と目標停止位置との間の進行方向に対する距離とした。

表-1に積載有り/無し時の計測結果を示す。走行誤差及び停止位置誤差は、未積載時よりも土砂を積込んで走行した時の誤差が大きかった。また積載時の最大走行誤差は約1.67mであり、30km/hで直線走行した箇所が生じていた。さらに積載時の最大停止位置誤差は約0.37mで標準偏差は約0.28mであったことから、問題ない精度で自動運転走行が可能であることが確認できた。

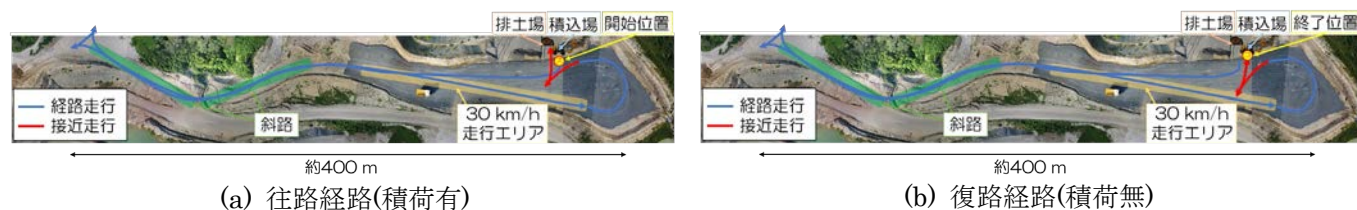


図-3 実験コース

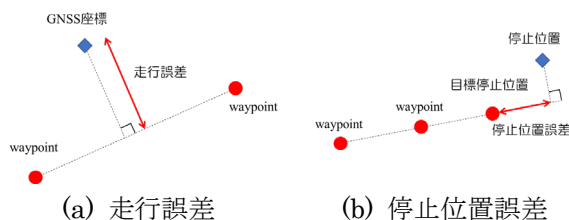


図-4 誤差算出方法

表-1 走行誤差及び停止位置誤差

走行誤差 [m]				停止位置誤差 [m]	
積載有り		積載無し		積載有り	積載無し
最大値	標準偏差	最大値	標準偏差		
1.67	0.28	0.83	0.17	0.37	0.19

### 4. まとめ

55t級リジッドダンプを用いて自動で土運搬作業の一連動作を行うことができる自動運転システムを開発し、模擬の土運搬作業を想定した実験コースにて自動運転時の走行精度の検証を行った。その結果、問題ない精度で走行が可能であることが確認できた。速度30km/hでの自動走行において一定の走行誤差はあるものの、運用上走路幅を考慮して走行計画を立てることで十分耐えうる精度であると考えている。また、今回の実験コースにおける自動運転システムのサイクルタイムは、最高速度を15km/hに制限した有人搭乗時のものと同等の結果が得られており、30km/hの自動走行は有人搭乗時とのサイクルタイムの差を縮める意味でも重要であると考えている。今後は自動化されたリジッドダンプを複数台管理し、離合箇所では速度制限や停止させる等のシステム開発を考えている。その際にも、今回得られた走行誤差を基に減速度合いを決めるなど、施工効率をできる限り低下させないようなシステムを構築して現場適用を目指す。

### 参考文献

- 1) 片山三郎, 青木浩章, 若山真則: 10t級クローラダンプを用いた自動走行システムの開発, 土木学会第74回年次学術講演会, VI-354, 2019