

# 自動走行技術の開発

飛鳥馬 翼  
北原 成郎  
畑本 浩伸  
天下井哲生

株式会社熊谷組

## 1 はじめに

建設業界では他産業と比較して高齢化率が高く、建設機械オペレータを始めとする建設業の担い手不足が深刻化している。さらに、令和六年度から建設業の時間外労働の上限規制が適用開始されるため、生産性向上や働き方改革を実現することが喫緊の課題である。

近年のCOVID-19を契機に建設業においてもDX(Digital Transformation)が推進され、熟練技能をデジタル化することにより担い手不足の解消が期待されている。特に多方面で建設施工の自動化が進められている。一方で、これらの新技術に対しては、安全や開発面での統一的な基準が無く、現場毎の安全対応、システム毎の開発となっており、より効率的な開発および普及環境の整備が必要である。このようなことから、国土交通省では自動化・自律化・遠隔化技術について、開発および普及を加速化させ、建設現場の抜本的な生産性向上と働き方改革の実現を目的に、「建設機械施工の自動化・自律化協議会」を令和四年三月に設立した<sup>1)</sup>。

建設施工の自動化の現場導入が本格化していく中、



図1 不整地運搬車

生産性向上を目的とし、筆者らも不整地運搬車(図1)の自動走行技術に関する開発を継続して実施している。

本報文では、弊社が取り組んでいる不整地運搬車の自動走行技術について紹介する。

## 2 本技術の概要

本技術は「自動走行システム」と「運行管理システム」の二つのシステムで構成される。

自動走行システムは、始めにオペレータが遠隔操作室から不整地運搬車を遠隔操作し、車載したGNSSやIMUからの位置情報とコントローラからの速度情報を基に走行経路を車載コンピュー

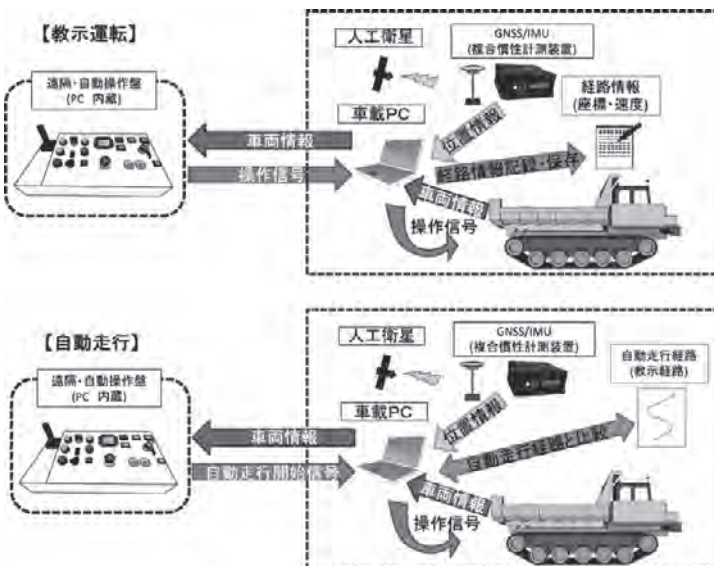


図2 自動走行システム

タに記憶させる「教示運転」を実施する。そして自動走行時には、その走行経路情報(以下、教示経路)を追従する(図2)。自動走行モードには開始と停止のボタンがあり、車両が自動走行を開始すると停止のボタンを押さない限り、教示経路の終点まで走行し続けることになる。経路の途中で停止ボタンを押し、再度開始ボタンを押した場合、現在存在する地点から自動走行を再開する。

複数台の車両を自動走行させる際には、一台目の教示経路を複製して他車両にも記憶させることで同一経路を走行させることも可能である。しかし、複数台の車両が同一経路上を走行するため、車両同士の衝突が発生しないよう、自動走行車両の開始・停止ボタンを制御し、安全な運行制御を実施する運行管理者が必要となる。

運行管理システムは上述した運行管理者に代わり、コンピュータが車両群を運行管理する。コンピュータが効率的な運行を実行するため、生産性の向上が期待できる。また、運行管理者が不要になるので、省人化が可能となる。詳細な概要は四章で報告する。

### 3 本技術の特徴

#### (1) 「教示運転」の採用

本技術は「教示運転」により、現場環境に合わせた車両の走行経路生成が容易に可能である。本技術は自動走行させる前に教示運転として走行させたい経路を遠隔操作するため、地面の凹凸に合わせて速度を落としたり障害物を避けたりすれば、それが教示経路となり、自動走行ではその教示データに追従して制御され、近接検出センサ等に

依存することのない安全な自動走行を実現する。また、熟練オペレータが教示運転することによって、走行精度も向上し、生産性の向上も期待ができる。

#### (2) 自動走行システムと運行管理システム それぞれが独立のシステム

本技術は、自動走行車両群を人に代わってコンピュータが制御するため、一つのシステムとしてパッケージ化されることが無い。ゆえに、本技術では不整地運搬車に自動走行システムを搭載しているが、同様のシステムを搭載した他の自動走行車両群でも本技術の運行管理システムで運行管理が可能である。

#### (3) 安全監視の重層化

自動走行システムと運行管理システムそれぞれの安全監視を利用することができるので、万が一一方の安全監視に不具合が発生してしまった場合でも、もう一方の安全監視で確実に車両を停止させることが可能である。

自動走行システムの安全監視機能として、通信遅延、経路逸脱、LiDARによる近接検出を搭載している。運行管理システムの安全監視機能として、運行管理による衝突防止、通信遅延を搭載している。

### 4 運行管理システム

弊社では二つの運行管理システムを開発し、優位性を検証している状況である。

#### (1) AI制御システム

本システムでは、AIが教示経路を分析することによって、作業目標に対して時間的なトータル

コストが最小となる効率的な運行計画パターンを生成し、自動走行車両群の運行管理を実施する。具体的な制御手法としては、三つのステップに分けられる(図3)。

#### ① 分析ステップ

教示経路、車両サイズといった条件に基づき、AIが複数車両のすべての走行位置関係を算出し、車両同士の安全な位置関係や衝突の可能性がある位置関係を計算し、安全である状態のみを抽出する。

#### ② 計画ステップ

土砂積載・土砂搬出といった作業目標を考慮し、すべての位置関係の状態からコスト・時間が最小となる効率的な運行計画パターンを生成する。

#### ③ 実行・指令

作成した計画をもとに、車両に指令を出す。車両の位置・状態を監視し、車両への指令を送る。

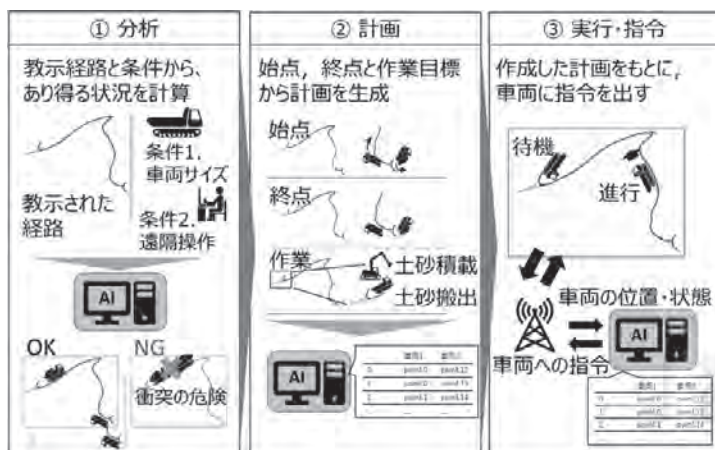


図3 AI制御システム

### ③ 実行・指令ステップ

生成した運行計画パターンを車両に指示するとともに常時AIによって自動走行の開始・停止の判断が行われ、衝突することなく効率的に車両の運行が実行される。

本システムは、落石防止工事の実施工に導入し、オペレータ一名で遠隔操作式バックホウ一台と自動走行式不整地運搬車二台を操作し、システムの有効性について実証した(図4、図5)。

### (2) 交通管理システム

本システムでは、人間が信号機や道路標識を見て、認識して判断する交通システムのように、車両が仮想的な信号機や道路標識等を認識して判断をする。本システムは実際の車両位置に基づいた仮想フィールド上で制御される。仮想フィールドをグリッドで離散化し、グリッド内に属性や走行指示等の情報を格納する。フィールド上を走行する車両は、グリッド内の情報を読取り、車両自身が判断し走行する。例えば、グリッド内に信号機を格納すれば進行・停止の判断となり、速度指示を格納すれば速度制御が可能になる。

具体的な制御手法としては、交通管理サーバがグリッド内で予約表によって車両を管理している(図6)。個々の車両が進行したいグリッドに対し、交通管理サーバへグリッド情報の問合せを行う。交通管理サーバでは問合せのタイムスタンプにより、先着順に予約表を更新する。予約表の先頭にある車両がグ

リッド内を占有して進行が可能である。交通管理サーバは予約表を各車両へ配信し、各車両はその予約表を確認し、車両自身が進行・停止の判断をする。先頭車両の進行が完了すると、安全上の距離を考慮し予約表が更新され、次の車両が進行可能となる。

本システムは、フィルダムの実施工に導入し、オペレータ二名で遠隔操作式バックホウ一台、遠隔操作式ブルドーザー一台、自動走行式不整地運搬車二台を操作し、システムの有効性について実証した(図7、図8)。

### 5 おわりに

本報文では、「自動走行システム」と「運行管理システム」を組み合わせた自動走行技術について紹介した。「運行管理システム」については、二種類のシステムを紹介し、それぞれ実施工現場で有効性を実証できた。二種類のシステムの優位性については、現場の状況や施工パターンによって変わるものだと考え、今後も実施工やシミュレーションによって検討を進めていく所存である。

最後に、技術支援を戴いた(株)ファテック、(同)エコボット、その他開発関係者の方々に深くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- (1) 国土交通省「建設施工・建設機械・建設機械施工の自動化・自律化技術」、国土交通省HP、[https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei\\_constplan\\_tk\\_000049.html](https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000049.html)、110114年三月八日参照。



図5 実施工検証状況 (現場)



図4 実施工検証状況 (遠隔操作室)

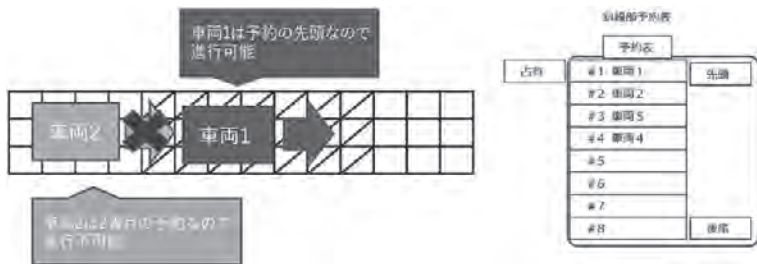


図6 交通管理システム



図7 実施工検証 (遠隔操作室)



図8 実施工検証状況 (現場)