

自律施工技術の研究開発促進を目的とした建設機械プラットフォームの提案

(国研) 土木研究所 正会員 ○山内 元貴 (国研) 土木研究所 正会員 橋本 毅
(国研) 土木研究所 正会員 山田 充 (国研) 土木研究所 正会員 新田 恭士
芝浦工業大学 非会員 油田 信一

1. はじめに

建設業において、高度な技能、豊富な経験を有する労働者の高齢化によるリタイアとともに若年労働者の離職による人材不足が深刻化している。今後、さらなる人材不足が進み、建設業における生産性が大幅に低下することが危惧されている。この問題を解決するための1つの手段として、ロボット、AI等の先進技術を導入し、現場の機械施工、管理を効率的に実施することにより、現場の省人化、生産性を向上させることが考えられる。国土交通省では、情報通信技術を全面的に活用した施策を建設現場に導入し、建設生産システム全体の生産性向上を図る「i-Construction」を推進し、トータルステーションやGNSSを用いた建設機械の位置情報と設計値を提示するマシンガイダンスや、部分的な油圧アクチュエータ制御が組み込まれたマシンコントロール等が建設現場に導入されてきた。

筆者らが自動車の自動運転レベルを参考に、建設機械向けに整理検討している自動化レベルの分類では、マシンコントロールはレベル1に相当し、自動走行や材料の特性に応じた最適な動作計画といった自動化レベル2以降に相当する技術としている。この実現には、建設機械が現場の周辺環境を認識し、環境に応じて最適な行動を計画する必要があるが、限定的な事例を除くとこれまでレベル2以上を実現した技術はほぼ存在していない。この背景として、自動車の自動運転技術と比べ、工種や建設機械が多様で研究すべき項目が多く、地盤と建設機械の相互作用が複雑であるといった土木特有の困難さがあると考えられる。

従来のマシンコントロールなど、建設機械の制御に関わるシステムは、建設機械メーカーや測量機器メーカーにより独自に最適化されており、異なるメーカー間でのセンサの相互利用は基本的に不可能である。また、異なる建設機械メーカー間の機種を統合して制御するシステムは存在せず、大規模な建設現場が単一のメーカーのみで工事が実施されることは少ない。そのため、自動化施工を推し進めるためには、異なるメーカーの異なる機種を横断的に制御できる枠組み、システムが必要である。筆者らの方針として、自動化システムを開発する上で、機体自体の開発や機体の電子制御化のための開発や類似の機能実装に開発リソースを割くのではなく、それらを利用して実現されるアプリケーション（例として自律施工用ソフトウェア）に注力すべきと考えている。また、地盤と機械との相互作用については、十分な研究が必要であるものの、研究成果を容易に自律制御に応用できる形が望ましい。さらに、AI等の最新技術を容易に導入可能とするために、オープンイノベーションが重要であり、他分野から建設機械業界への参入障壁を下げるのが必須である。以上より、建設機械施工をする上で必要となる基礎的なルールやデータ構造および、データの交換手法を定義することにより、現状では各社が独自に進めている自律施工技術を加速的に推進させることが可能になると考えている。

そこで、本研究では、ハードウェアの抽象化を図り、ソフトウェアの再利用性、連携性を向上させることを目的として、ロボット用ミドルウェアを導入し、基礎的なルールやデータの定義や構造を共通化する建設機械向けプラットフォームを提案する。

2. 標準プラットフォーム

提案する標準プラットフォームの概要を図1に示す。図の赤破線内が提案する標準プラットフォームの領域であり、その上に各種アプリケーションが構築されることを想定している。本プラットフォームでは、ロボットシステム開発のデファクトスタンダードとなりつつあるROS(Robot Operating System)をベースに、建設機械施工向けに必要な独自のpackageを開発している。一般的な建設機械は電気信号による操作に対応したものが少なく、マ

キーワード 建設機械, 自律施工, プラットフォーム

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 先端技術チーム TEL 029-879-6757

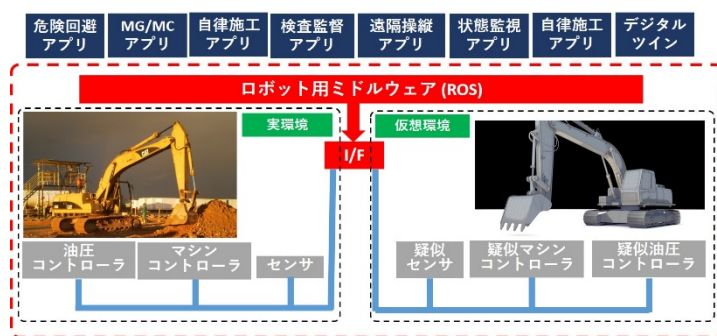


図-1 標準プラットフォーム



図-2 テストベッド

シンコントロールや遠隔装置を設置する際には、電磁比例弁を油圧回路に組み込み、油圧コントローラが開閉量を操作する。そこで、建設機械のマシンコントローラや遠隔操作用コントローラと接続し、制御指令の入力および機体情報の出力を取り扱う通信用ノードを実装する。メーカー、機種ごとに通信インターフェースや通信プロトコルは異なるため、各種に対応した通信用ノードが必要となる。その他に、センサ等と通信を行う ROS ノードを実装する。

2. 1 機体構成

日立建機製油圧ショベル ZX120 をテストベッドとして構築したプロトタイプを図 2 に示す。テストベッドは運転質量 12t、バケット容量 0.45m³ であり、日立建機製の遠隔装置が設置されている。この遠隔装置は、無線（特定省電力無線）または有線（RS422 通信）による操作信号入力が可能であり、入力された操作量に基づき、電磁比例弁の開閉を行い、油圧アクチュエータを作動させる。本研究では、自動操作のために、遠隔装置の有線端子と組込コンピュータを接続し、組込コンピュータ上で操作指令から操作信号に変換し、遠隔装置へ入力する ROS ノードを開発した。また、自動運転時は、有線端子とコンピュータを接続し操作信号が入力されているため、遠隔操作用の非常停止回路が無効となっている。そこで、別系統の特定省電力無線を利用した非常停止回路を機体に搭載し、想定外の動作時にエンジン回転を停止させるシステムを有している。ZX120 は、ブーム、アーム、バケットの関節回転部にダナハー製アブソリュートエンコーダ AC58 を搭載し、ROS の pid package を利用し、各関節の制御に利用することとした。機体の位置および方位角推定のため、機体後部に Topcon 製 GNSS コンパスを搭載した。現状では、外界センサは取り付けられておらず、LiDAR、光学カメラ等の利用を検討している。

2. 2 シミュレータ

本研究では、ROS と親和性の高い Gazebo を用いて、建設機械のモデルを構築した。現状では、質量、慣性モーメント等の物理パラメータを設定するとモデルが振動してしまうため、極めて小さい値を代入し、手先位置制御等の検証に利用している。なお、Gazebo では砂等の物理挙動のシミュレーションはできないため、土砂の変形等を伴う機械施工の動作検証としては別途シミュレータを導入する予定である。

3. まとめ

本稿では、建設土木における自動施工開発の加速を目的とした、建設機械のための標準プラットフォームについて述べた。今後、精密な制御およびシミュレータへの正確なモデルの反映、外界センサの取り付けといった開発を進めていく。一般にマシンコントローラへの入力や機体情報の取得方法については、建設機械メーカーとの秘密保持契約を結ぶ必要がある。メーカー等と協議し、秘密保持契約を必要せずに、制御信号、機体情報の入出力が可能となる方法を検討する。

参考文献

- ・橋本毅, 山田充, 山内元貴, 新田恭土, 油田信一, ``建設機械自動化レベル策定にむけて``, 第 19 回建設ロボットシンポジウム, 04-1, 2019