

建設業のためのロボットに関する調査

一般社団法人日本建設業連合会 土木工事技術委員会
土木情報技術部会 情報利用技術専門部会

1. はじめに

当専門部会では、各社共通の課題について、既存の事例や先進的な ICT 技術等を調査・検討し、その課題の解決や発展に寄与することを活動方針としている。2018 年度までは、建設業における IoT 技術の幅広い活用を目的とし、「建設現場の IoT 活用ガイド」をとりまとめて公表したほか、実証フィールドを運営し、IoT 技術の開発会社に対して、実証のための現場を提供、サポートすることで、建設現場への参入を推進してきた。

2019 年度からは、次のテーマとして、少子高齢化や建設産業の担い手不足の解消、危険性の高い作業の代替のために、今後、急速な導入拡大が期待される「ロボット」をテーマとして検討を進めることとした。

2019 年度にはその最初の手順である、「現状の把握」について調査し、報告書としてまとめた。

調査は、

- ① 建設業界の現状調査
- ② 研究分野の現状調査
- ③ 関係法令・規制の調査
- ④ ロボット関連企業等の視察

について実施したが、ここでは、①～③について紹介する。

調査結果のデータは膨大となったが、報告書ではその内容と分析結果について、わかりやすさに配慮し、なるべく簡略にまとめた。

2. 建設業界の現状調査

従来、ロボット技術は製造業を中心に適用されており、少品種多量生産について工場での生産性を劇的に改善してきた。このようにロボット技術は単純な繰り返し作業に優れた能力を有しており、単純な繰り返し作業をロボットが代替し、生産プロセスを変革することで飛躍的に生産性を向上させることが可能となった。工場のように生産環境をロボットに適用しやすいように合わせることができれば、ロボットの能力を最大限に活用できる。

一方、建設業においては業態の性質上、一品受注生産型の産業である。そのため、ロボットを適用しやすいように現場を合わせることが容易ではないので、ロボット適用が難しい産業の一つであった。

しかし、近年の技術革新は目覚ましいものがある。例えば、センシング技術や人工知能（AI）と言った技術が台頭してきたことで、多品種少量生産に適用できる可能性が期待されている。こうした技術革新により、建設業においてもロボット

が利用できるかもしれないという機運が高まっており、近年、ロボット技術の開発が再び加速してきている。

そこで今回は、建設業界におけるロボット技術の開発状況、現場適用の現状を整理するため、現状調査を実施した。

(1) 目的

ロボット技術は労働力が減少傾向にある日本の社会において、現状の生産性を維持あるいは向上させるために必要不可欠な技術である。

従来までは建設業に適用可能なレベルまでテクノロジーが追い付いていなかったが、近年のAI・センシング技術などの技術革新により、建設業においてもロボット化の波が押し寄せてきている。

そこで、建設業界における現状把握を目的として、「ロボット開発・適用を実施している現状において、現在のロボット技術の適用はどこまで可能なのか」、「技術レベルはどの程度なのか」について調査を実施した。

(2) 調査方法

建設業界におけるロボットに関する開発技術、活用事例、開発中のものを整理し、「現状の技術水準がどの程度であるか」、「導入実績の状況はどうであるか」を調査する。

調査方法は、下記のとおりとする。

- ① 調査技術：工種別に整理
- ② 整理方法：適用工種，概要，キー技術，導入事例，導入効果，開発企業
- ③ 調査対象：建設会社および関連メーカー（リース会社を含む）
- ④ 情報ソース：学会論文，プレス記事，業界誌，Web サイト他

(3) 調査結果

本調査における「ロボットの定義^{注)}」に該当するものを集計した。集計結果を図-1に示す。

調査した範囲で全29件のロボット技術が存在

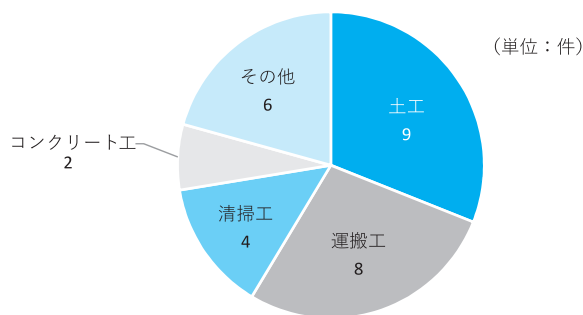


図-1 ロボット調査結果

した。実現場での適用事例も多く見受けられた。工種別に見ると土工が9件、運搬工が8件、清掃工が4件、コンクリート工が2件、その他の工種が6件であった。

ロボットを建設現場に適用するために重要な鍵となる要素技術は、外的状況を把握するために必要なセンシング技術であり、自己の位置を認識し自律可能であることが特徴となっている。

代表的なセンシング技術として、画像認識技術や3次元空間情報を取得する光学式のレーザーセンサー、ステレオカメラなどを用いている事例が多くみられた。これらのセンシング技術と自動制御技術を掛け合わせることで自律可能なロボットと位置付けている事例が多い。

導入事例は多岐にわたっており、建築工事で使われているものから土工、躯体工事まで幅広く適用されている。また、ロボット技術の導入効果として大多数が省人化による生産性向上を挙げており、単純作業をロボットに代替するもの、重量物の資材搬送をロボットに任せることで人の作業をアシストするものを開発して省人化を図っている。

注) 自動かつ自律可能な機械を「ロボット」と定義しており、本調査結果では「自動溶接ロボット」、「アシストロボット」や「産業用ロボットで建設現場での適用事例がないもの」は対象外とした。

(4) 考察

建設業におけるロボット技術の開発は工種に偏りがあり、土工では「建設機械の自動化」、運搬工では「自動搬送ロボット」、清掃工では「床

面清掃ロボット」、コンクリート工では「コンクリート仕上げロボット」の開発が目立っている。その他工種には「鉄筋結束ロボット」や「天井ボード取り付けロボット」などがあった。

土工事におけるロボットの適用例は建設機械をベースとした自動化技術の開発が大半を占めており、その他の工種では専用ロボット開発による自動化が占め、開発のベースが二極化している。この背景として土工事自体は古くから機械化が進められており、ベースとなる機械が既に多く開発されていること、一方、その他工種であるコンクリート工事や建築工事においては、人力による施工がまだ多くを占めており、機械そのものがない工種であることが挙げられる。そのため、作業に合った、専用ロボットの開発による、自動化が進められていると考えられる。

3. 研究分野の現状調査

研究分野に関する調査ではロボットの研究を行っている国内の組織およびその活動内容等を調査することにより、国内におけるロボット研究の現状を把握することを目的とした。

(1) 調査方法

「建設」に限定せず、一般に公開されている情報を広く参照するため、インターネット調査を採用した。

調査は国の機関、学会／委員会や各種業界団体、大学の研究室等を対象とした。また、ロボット技術においては建設業に限定せずに現状の研究状況を調査することとした。

大学の調査においては、「日本ロボット工業会 研究室紹介ページ」を参考とした。

(2) 調査結果

調査結果は組織名／委員会名と主な研究テーマや活動内容を一覧としてまとめた。調査結果を図-2に示す。

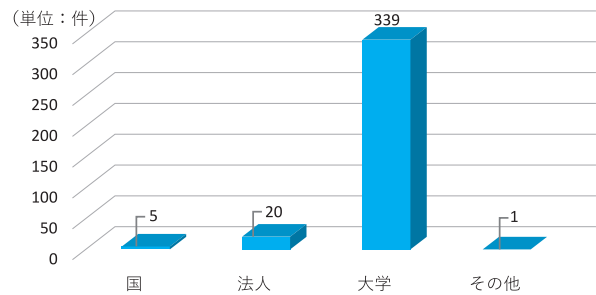


図-2 ロボット研究調査対象機関数

国土交通省をはじめ土木学会や日本建築学会等の法人でも研究が行われているが、国公立大学や私立大学では300件を超える研究室においてロボット研究が行われていた。

(3) 考察

今回の調査により、国はインフラストラクチャーの維持管理をターゲットにした研究、法人は「建設」に特化した研究やロボットおよびそのシステム製品に関する研究開発の推進および利用技術の普及促進等を行っていることが確認できた。また、各大学ではロボットの要素技術の研究、医療・介護等の人間の生活に関連するロボット技術、ドローンや宇宙をターゲットにした幅広い研究が行われていることが把握できた。

少子高齢化が進む中、建設業に限らずさまざまな業種・分野でのロボット活用は喫緊の課題であるが、工場内のように閉じた空間での実績は多くあるものの、オープンな空間でかつ人間とコミュニケーションを取りながら、またロボット自身が自律的に判断しながら稼働するまでには、もう少し時間がかかるものと推測される。

4. 関係法令・規制の調査

法令・規制の調査ではロボットに関する法令・規制を調査することにより、建設業界へのロボットの導入および普及に対する課題を抽出することを目的とした。

(1) 調査方法

一般に公開されている情報を広く参照するため、インターネット調査を採用した。「ロボット」および「ロボットの法令・規制」に該当する検索結果より、出典が確認できるものを対象に情報を収集した。

(2) 調査結果

① 国内の関連法令

「ロボット」という文字を含む国内の関連法令は22件、そのうちロボットについて定義されているものは図-3の2件であった。その他の法令にロボットについての具体的な記述は確認できなかった。

なお法令ではないが、経済産業省「ロボット政策研究会」の平成17年5月12日公表の中間報告書において、「『センサー』、『知能・制御系』および『駆動系』の3要素技術があるものを『ロボット』と広く定義することとする。(中略)ロボットの定義を別の言葉で示すとすれば、「知能化した機械システム」という表現が適切である」としている。

・労働安全衛生規則第36条31号
 マニプレータ及び記憶装置（可変シーケンス制御装置及び固定シーケンス制御装置を含む。以下この号において同じ。）を有し、記憶装置の情報に基づきマニプレータの伸縮、屈伸、上下移動、左右移動若しくは旋回の動作又はこれらの複合動作を自動的に行うことができる機械（研究開発中のものその他厚生労働大臣が定めるものを除く。以下「産業用ロボット」という。）
 (以下略)

・電波法施行規則第2条1項43号
 「気象用ラジオ・ロボット」とは、陸上又は海上に設置する気象援助業務用の無線設備であつて、気象資料を自動的に送信し、又は中継するものをいう。

図-3 法令でのロボットの定義

② 産業用ロボットについての安全基準

産業用ロボットについての安全基準には、以下の4件が該当した。

- 1) 労働安全衛生法 - 3項目
- 2) 労働安全衛生規則 - 7項目
- 3) 産業用ロボットの試用等の安全基準に関する技術上の指針 - 労働安全衛生法第28条第1項の規定に基づく。
- 4) 機械の包括的な安全基準に関する指針 - 労働安全衛生法第28条の2第1項の規定に基づく。

③ ロボットに関する国際規格

国際規格では、ISO/TC299 Robotics - 31項目のうち、12項目が産業用ロボットに関するものであった。産業用ロボットとその他のロボットの内訳を図-4に示す。

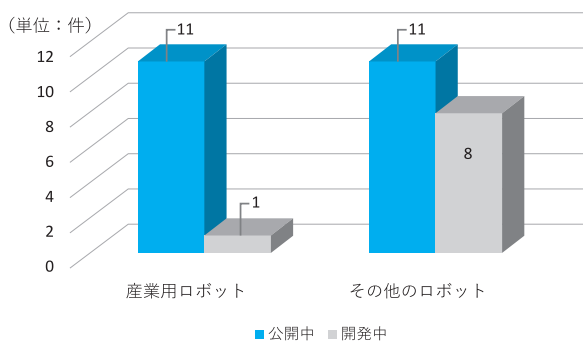


図-4 ISO項目数

(3) 考察

今回の調査により、組立・搬送ロボットや溶接ロボットなどの産業用ロボットに関しては、労働安全衛生法等で整備されており、開発や利用については問題なく運用されていることを確認した。

一方、現在急激に進化しており今後普及が見込まれる介護ロボットや家庭用ロボットなどのサービスロボットや、探査用ロボットやレスキューロボット、宇宙用ロボットなどの特殊環境用ロボット等、建設業でも活用が期待されるロボット分野については明確な定義がなく、法令も整備されていない。これは日本だけでなく、海外においても同様に法整備が進んでいないものと考えられる。

今後ロボットは建設業界を含め爆発的に増加し普及すると想定される。建設現場においてロボッ

トと人間が協働することは遠い未来の話ではなく、すでに実用段階に近い技術も存在する。現状でロボットを活用しようとする、個々の現場ごとに独自でルールを定め、関係各所と合意の上でその仕様や安全性などを評価している。安全性が過小評価され、必要以上に人との離隔が大きく設定されたり、活用の幅が縮小されたりすることでロボットの性能を最大限に生かしきれないことも想定される。

従って、普及に先立つ法令の整備は急務であり、早急にロボット全般についての法的な定義が必要である。

5. 課題と今後の展開

(1) 建設業界でのロボット実用化に向けた課題

本稿では、「建設業界のロボット技術に関する現状調査」、「ロボットに関する研究分野」、「ロボットに関する関連法規」の調査結果について報告した。建設業界においても多くの企業がロボット技術開発を進めているが、実用化に至っているケースは少なく、現状はまだ試行を始めた段階である。

一方、近年の技術革新による、さまざまな先端技術の導入により、建設業界においてもロボット技術の実用化に向けた期待が高まっていることがわかる。ここでは、これらの調査結果を踏まえ、「建設業界へのロボット実用化に向けた課題」についてまとめた。

① 柔軟な全天候型ロボットの普及

建設現場は工場と異なり屋外での作業となる。特に、土木工事現場では天候などの外的要因に耐

えうるロボット性能であることが求められる。また、屋外では屋内の整備された環境とは異なり、ロボットの走行性・柔軟性が求められる。そのため、建設現場の環境でも利用可能な作業性を有した全天候型ロボット技術の確立が求められる。

② 法令・規制の整備

ロボット導入に向けた大きな課題として法整備が挙げられる。産業用ロボットに関する安全基準はいくつか取り決めされているが、その他ロボットに関しては明確な定義がない。産業用ロボットの安全基準をそのまま建設業界に適用できるわけでもないため、建設業界においても人間とロボットの協働に向けた法整備を進めていく必要がある。

③ 費用対効果

ロボット技術開発には膨大な開発投資が必要となるが、官公庁からの補助金制度が充実しておらず、建設業界においては個社での技術開発が目立つ。そのため、開発投資に見合う費用対効果を得ることが難しく、ロボット普及の足かせになっているように感じる。協調領域を明確にして、同業者による共同開発を含めた、産学官連携による技術開発体制を整備する必要がある。

(2) 今後の展開

今後の展開として、一部企業間で始まったロボット技術の技術連携をより多くの会員企業に広め、開発の重複を回避するとともに、開発費用負担の低減、技術の標準化・共通化による開発・運用コストの削減に貢献していきたいと考えている。