

土木学会 建設用ロボット委員会の取り組み

公益社団法人土木学会 建設用ロボット委員会 委員長 たてやま かずよし 建山 和由

1. はじめに

日本で建設ロボットが初めて使われたのはいつのことであろうか。建設ロボットの定義に関する認識は人により異なり、また、これまでにさまざまな自動化技術が現場に導入されてきたことを考えると、最初の建設ロボットを特定することは簡単ではないが、少なくとも1970年代に水陸両用ブルドーザーの遠隔操作が現場に導入されたところまでは、さかのぼることができる。その後、1980年代に入り、いわゆるバブル期に、深刻化した人件費の高騰から建設会社を中心に建設ロボット開発が積極的に進められた。日本における建設ロボット研究の第1期隆盛期といえる。しかし、1990年代に入りバブル経済がはじけると、建設業界も余力を失い、また、人手不足も影を潜めたために日本における建設ロボット開発の勢いは潮が引くように一斉に小さくなっていった。以来、建設ロボット開発は、災害対応や維持管理工事などで狭隘や危険を理由に人が立ち入ることができない工事での使用に用途を絞りつつも、引き続き現場ベースで続けられてきた。その成果は、2011年3月11日の東日本大震災において被災した原子力発電所関係の工事でも無人化施工技術が有効に使われたことで認識された。

このような中、建設分野ではより積極的にロボットを導入しようという機運が再び熱を帯びつつある。これは、日本の人口減少とともに生産年齢人口の急激な減少が懸念されることを背景に、低迷してきた建設分野の生産性向上に取り組もうとする国の方針に根ざしたものと見える。深刻化する担い手不足、根絶することのできない建設災害・事故、老朽化が進行する構造物の維持・更新、激化する自然災害など、建設業界を取り巻く情勢は年々厳しい状況になっている。建設業界が将来にわたり人々の活動や生活を支える社会基盤を安定的に提供するには、これまでの延長線上の議論では対応できなくなることは明らかで、その意味からも、建設ロボットなどのICT技術の開発と導入は、極めて重要な意義を有すると考えている。

本稿では、土木学会 建設用ロボット委員会の活動の変遷と現在の主な活動について紹介する。なお、ロボットの定義としては、人の操作が入ることなく自律的に作業を行うことのできる狭義のロボットから、これまでの機械に何らかの自動化技術を入れ込んで高度化した広義のロボットまで考えられる。本委員会では、狭義の定義でロボットといえるものが建設分野ではごく限られていることから、将来的には狭義のロボット開発と普及を視野に置きつつも、現段階では広義の定義によるロボットを対象として活動を行っている。

2. 建設用ロボット委員会の活動の変遷

土木学会が建設ロボットに関する研究に着手したのは1981年である。前述のように、ちょうどバブル期で労働力不足が深刻に受け止められ始めた頃である。学会では4年間の準備期間を経て、1985年から研究委員会として建設ロボット委員会を発足させ、建設分野における施工技術のシステム化・自動化・省力化およびロボット化について本格的に研究を推進する体制を整えた。

その後、委員会では、技術講習会の開催、調査・研究成果の報告、年次学術講演会における研究討論会の実施、および建設ロボットに関する国内外シンポジウムでの研究成果の発表などを通じて、建設ロボット技術の開発研究に寄与するとともに、その普及に向けて学会員のみならず一般市民への広報活動を行ってきた。

また、多種多様な建設工事に対応すべく、建設ロボットを使われる場面で分類し、各場面ごとに小委員会を設けて、小委員会単位での活動を行っている。当初は、土木技術小委員会、海洋技術小委員会、ライフライン技術小委員会、大深度地下小委員会、次世代施工技術小委員会、戦略企画小委員会の6小委員会で活動を行っていたが、時代とともに変化する社会情勢と建設ロボットに対する要請に鑑み、現在では、建設施工小委員会、維持管理小委員会、災害・事故復旧小委員会、新技術小委員会の4小委員会体制で活動を行っている。

3. 小委員会活動

建設用ロボット委員会は、委員会として新しい建設ロボットの開発は行っていないが、さまざまな工事で散発的に行われている建設ロボットの導入事例や建設ロボット開発に関わるさまざまな技術を、工事の内容やフェーズに応じて各小委員会で調査・分析して、建設ロボットの技術動向を整

理するとともに、社会的な要請と照らし合わせ、建設ロボット開発がより望ましい方向に進むよう取り組みを行っている。また、学会内外にロボット技術の到達点と将来展望に関する情報を発信し、普及促進に努めている。以下、それぞれの小委員会活動について紹介する。

(1) 建設施工小委員会

建設施工小委員会では、一般の建設工事においてロボットを導入することにより、省力化、工事の効率と品質の向上、作業にともなう安全性の改善を図る手法の開発と導入促進を目指し、活動を行っている。

対象とする工事としては、陸上での一般的な工事、シールドを主体とするトンネル工事、海洋や河川などにおける水中工事を想定し、普及促進に向けた技術情報の学会内外への提供、一般市民への広報などの活動を行っている。

特に、昨年からは、建設ロボットに関する技術動向を調査するために、建設現場のさまざまな場面で導入されている建設ロボット技術の情報を網羅的に幅広く集めている。これらの技術情報を整理して、技術総覧やデータベースとして公開し、建設ロボット技術の開発・導入に役立ててもらおうことを目指している。

一般の建設工事における建設ロボット導入の障壁は、通常の重機に比べるとコストが大幅にかさむことである。コストの障壁を越えて、写真-1に示すように、一般工事でもロボット技術を活用する仕組みを構築することが必要であり、これを実現することができれば、建設分野におけるロボット技術の導入は大きく進展するものと期待される。

建設施工小委員会では、初期の機械コストだけではなく、省人化、事故・災害防止、品質向上、データ収集とその活用など、建設ロボット導入により期待することのできるさまざまな改善を経済効果に換算することにより、一般工事でもロボットの導入がコスト的に成り立つ仕組み作りに取り組み始めたところである。



写真-1 自律型無人化施工システム（鹿島建設提供）

作業内容が異なる複数の建設機械が協調しながら土工作业を行う生産システム。各機械は遠隔操作ではなく、作業対象物や周辺環境、他の機械の動きを把握し、自律で協調作業を行うことができる。

(2) 維持管理小委員会

インフラの維持管理工事では、上・下水道管や橋梁など人が近づくことが難しい箇所の調査と修理を行う場合、あるいは広範なエリアの劣化状況の調査において単調な作業を長時間にわたり繰り返さなければならない工事など、ロボットの導入が効果的である場面が多い。このため、これまでもさまざまなロボットや自動化技術が導入されてきたが、それらを総括的に整理し、維持管理工事での有用性や今後の技術開発の方向性を示すことは行われていなかった。

維持管理小委員会では、インフラの維持管理側からは作業の合理化、効率化に関わるニーズを、

ロボット関連技術側からは技術シーズを調査し、両者のマッチングをはかることにより、これからの技術開発の具体的な方向性を議論している。特に、これまでのロボット技術の導入は調査や点検を目的とするものが多く、補修や補強作業を行うことのできる自動化技術は、あまり見られないことに鑑み、今年から補修や補強作業における自動化技術に関する情報を収集し、新たな技術開発に寄与すべく技術動向の整理と分析を始めた。

写真-2、3にその一例を示す。写真-2は、道路舗装上のマンホール蓋の取り替え工事に自動化技術を取り入れた事例である。写真-3は、まだ技術開発の段階ではあるが、橋梁鋼桁の塗装工事に於いてケレン作業と塗装作業に自動化技術を取り入れた事例である。

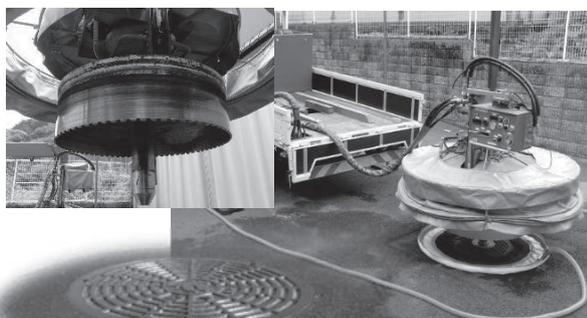


写真-2 マンホール蓋交換の自動化技術（エポ工法協会提供）

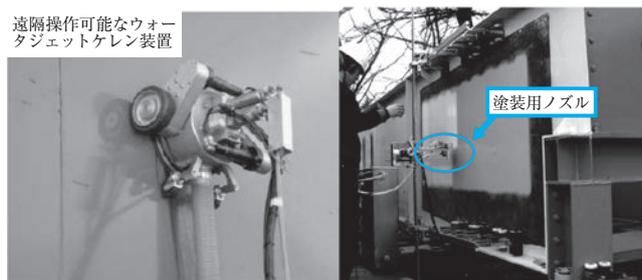


写真-3 鉄桁のケレン作業（左）と塗装作業（右）の自動化（JR 東日本提供）

補修・補強工事は現場の状況や条件に応じて適切な作業を行わなければならない場合が多く、自動化技術の導入は簡単ではないため、まだロボットと言えるだけの技術は少ないが、自動化技術を中心に事例の情報を集め、それらがまとまり次第、その成果の発信を行っていくことを考えている。

(3) 災害・事故復旧小委員会

自然災害や工事に伴う事故が発生した際には、人命救助や緊急復旧作業を行わなければならないが、作業中の二次災害が懸念されることが多いため、現場に人が立ち入ることなく作業を行うことのできる無人化施工技術がすでに実用的に活用されている。写真-4は2016年の熊本地震の際、被災した阿蘇大橋地区で採用された無人化施工による斜面对策工事の状況である。この災害現場では、迅速かつ柔軟な対応で安定した施工体制を整え、効果的に災害地の復興作業を行うことができた。

一般に、無人化施工技術を導入する場合、現場の地形や位置、環境条件、作業内容などにより導入の可否、導入の手順や時間、導入すべき技術や設備が異なるため、これらの関係を理解し、災害発生後にスムーズな導入を実現することのできる体制を整える必要がある。災害・事故復旧小委員会では、災害時や事故対応時における建設ロボットの導入事例を分析し、災害・事故発生時の建設ロボット導入の手引きやガイドラインの作成を目

指して、調査活動を行っている。

(4) 新技術小委員会

新技術小委員会では、建設ロボットの高度化に寄与すべく、土木以外の他分野を含め分野横断的に建設ロボットの開発、普及促進に関係する情報の収集とその適用に関する検討を行い、その成果を発信している。

具体的には、異分野技術者交流会の開催、新技術に関する講演会などの企画・運営や、建設ロボットに関わる新技術の開発動向に関する調査を実施している。このうち、「異分野技術者交流会」では、建設関係技術だけでなく、製造、医療、農業、消防、電気・通信、家電制御、宇宙、防衛等、さまざまな異分野の技術と融合し、より効果的・効率的な建設ロボットの開発・導入を進めることが重要と考え、表-1に示すようにさまざまな分野との技術交流を行っている。

(5) その他の活動

建設用ロボット委員会では、建設ロボットの普及促進とともに一般市民に建設業においても先端技術の導入を進めていることを理解してもらうためのさまざまな広報活動を行っている。その中でも、国立研究開発法人港湾空港技術研究所や国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所と連携して夏休みに実施している、小中学生を対象とした無人化施工体験イベントは好評を博し、毎年多く

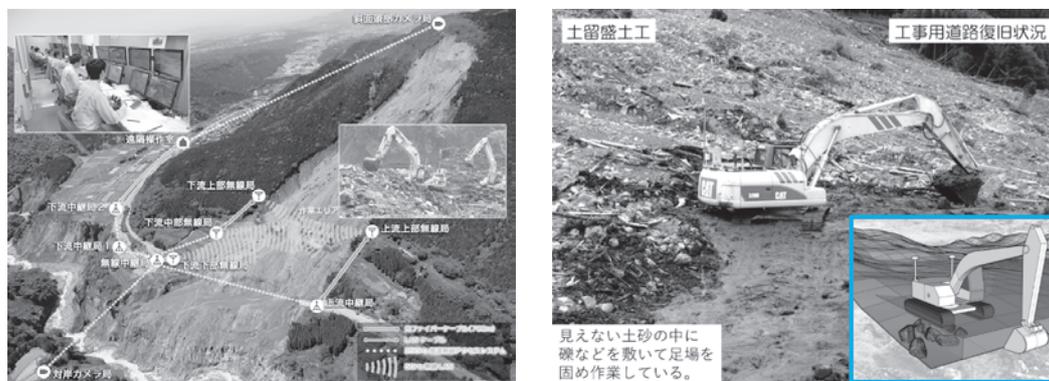


写真-4 災害復旧で活用される無人化施工技術（熊谷組提供）

2016年の熊本地震の際に崩落した阿蘇大橋地区斜面对策工事では無人化施工技術が導入された。ネットワーク対応型の無人化施工であり、操作室や無線の自由度も大きく改善されている。

表-1 「異分野技術者交流会」の実施一覧（過去5年分）

第1～16回は、一般社団法人日本建設機械施工協会と共催

回数	業種	講演者	
		会社名	講演テーマ
第1回	防犯	ALSOK 総合警備保障 (株)	ALSOKにおけるロボット開発の現状と今後の展開
第2回	宇宙工学防衛	(株) IHI エアロスペース	i-ballの観測で見たもの
第3回	医療	(株) ニコン	構造物計測に関わる光学技術
第4回	防衛	防衛省 技術研究本部	防衛用ロボットの研究紹介
第5回	交通	JR東日本 (株)	鉄道メンテナンスの現在、未来
第6回	橋梁	川田工業 (株) カワダロボティクス (株)	次世代産業用ロボット「NEXTAGE」のご紹介 ～世界のロボット最新事情、「協同型」ロボットの到来～
第7回	電機	三菱電機特機システム (株)	ロボット事業の紹介
第8回	宇宙工学	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	JAXAのニーズとシーズ ～ロボット技術を意識して～
第9回	鉄鋼	新日鐵住金 (株)	産業インフラの点検 / メンテナンスへのロボットの開発と適用について
第10回	防災	総務省 消防庁	消防防災とロボット技術
第11回	家電	パナソニック (株) AVC ネットワークス社 技術本部 AVC 技術開発センター	「映像処理技術」「画像処理技術」の紹介
第12回	水産	日本水産 (株)	ニッスイ・ファインケミカル事業の紹介 ～魚油から生まれる高付加価値商品～
第13回	電気	北陽電気 (株)	北陽電気の測域センサへの取り組み ～屋外環境で使用する測域センサ～
第14回	電子	日本アイ・ピー・エム (株)	質問応答システム「WATSON」の紹介 学習するコンピューターについて
第15回	化学	積水化学工業 (株)	積水化学の土木分野・施工機械の取り組み
第16回	化学	国立大学法人東京工業大学	画像情報を用いたプラントのインテリジェントモニタリング
第17回	宇宙	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	我が国の宇宙開発の動向と宇宙探査ロボット技術
第18回	宇宙	準天頂衛星システムサービス (株)	準天頂衛星システムの概要と利活用



写真-5 無人化施工体験イベントの様子

の参加者が訪れるようになった（写真-5は当日の様子）。

4. おわりに

土木学会 建設用ロボット委員会では、土木だけでなく、建築やロボット工学分野と連携して建設ロボットの開発研究や普及促進を進めている。これまでも建設ロボットに関わる3学会（土木学会、建築学会、ロボット工学会）と3協会（先端建設技術センター、日本ロボット工業会、日本建

設機械施工協会）で建設ロボット研究連絡協議会を組織し、国内シンポジウムや建設ロボット開発に関わる相互の情報共有を行っている。この協議会では2006年以来、長らく日本では開催されてこなかった国際建設ロボットシンポジウムを2020年に開催すべく、準備を始めたところである。四半世紀を経て再び盛り上がりつつある建設ロボット開発の機運を消すことなく、さらに勢いづけるべく、今後も積極的な活動を行っていく所存である。

最後に、本稿作成にあたり資料と情報を提供いただいた各位に謝意を表す。