

# 建設ロボット技術に関する 国土交通省における取り組み

国土交通省総合政策局公共事業企画調整課

もりかわ ひろくに

課長補佐 森川 博邦

## 1. はじめに

建設施工の分野では、雲仙普賢岳試験フィールド制度等による遠隔操作型建設機械、地下トンネルにおけるシールド掘削機の自動制御技術など、課題の解決のためロボット技術を活用した技術開発が行われてきた。さらに、平成23年3月に発生した東日本大震災を契機に、大規模災害に備える機運が高まり、建設ロボット技術の開発・活用への期待がさらに高まっている。

国土交通省では、建設施工現場における安全確保や品質確保など、施工現場の課題解決を図るため、これまで無人化施工や情報化施工という形でロボット技術の導入・活用を進めてきている。また、総合技術開発プロジェクト「ロボット等によるIT施工システムの開発」等においても、国により建設ロボット技術の調査・開発等が進められてきた。

本稿では、これまでの建設施工におけるロボット技術の活用の経緯を紹介するとともに、国土交通省による建設ロボット技術の活用のねらいと今後の技術推進の方向性について紹介する。

なお本稿では「建設ロボット技術」とは、「建設施工・調査の現場で用いられる機械・機器に、何らかの新しいメカニズムや制御・情報処理の機

能を付加することにより、作業の支援や、自動化・遠隔制御化を実現し、効率、精度、安全などの性能向上・課題解決を可能にする技術」と捉えている。

これは、国土交通省で設置した「建設ロボット技術に関する懇談会」において定義したものであるが、今後の諸情勢により若干の見直しの可能性もあると考えている。

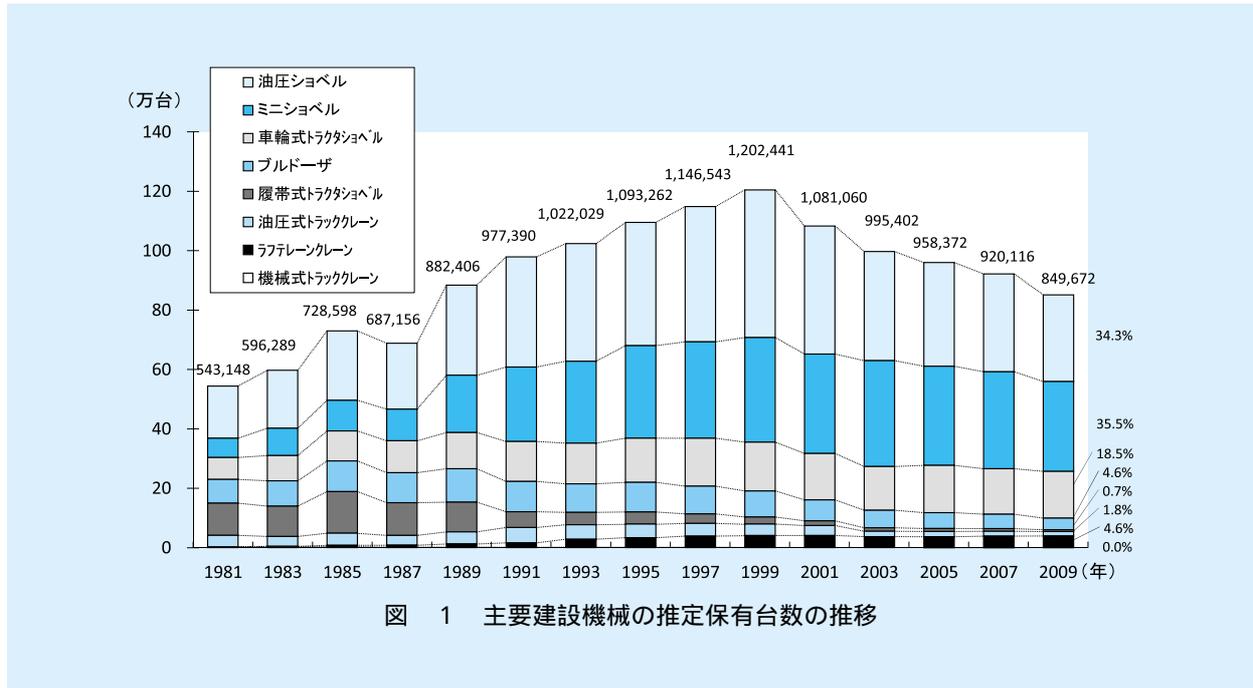
## 2. 建設施工におけるロボット技術の活用の経緯

### (1) 建設作業の機械化と建設ロボット技術

わが国の建設作業現場においては、高度経済成長期以降、産業の高度化の背景の中、生産効率の向上、工事規模の大型化への対応等のため機械力が導入され、さらに作業における苦渋性からの解放を目的にロボット技術の導入などが進められてきた。

わが国における一般的な建設機械の保有状況の推移を見ると、1970年代半ばに40万台程度だったものが、1990年代初めには約100万台にまで増加している（図 1）。

台数の増加とともにラインナップの多様化、規格の多様化も進んできた。そのような中で、製造業における生産工場にロボットの導入が進むことになり、土木や建築の分野でのロボットの研究



開発も行われた。例えば、施工に有効なロボットとして床面コンクリート仕上げロボット等の開発と実用化が行われた。

しかし、建設施工現場においては、<sup>きょうあい</sup> 狭隘な場所での作業ができないため人力による作業を全てロボットに代替することができなかつたことや、ロボット作業の支援やロボットの管理のために新たにエンジニアを現場に常駐させなければならな

かつたためにコスト優位性を得られなかつたことなどから、普及にはいたらなかつた。

そして、建設業の生産形態は、製品をラインに載せて流れ作業により大量生産を行えた製造業とは異なり、少品種少量生産あるいは一品生産であることが多く、また生産設備である建設機械が移動して生産作業である「施工」を行うために明確な座標設定が困難であったことから、「無人化施



図 2 製造業と建設業の違い

工」として独自の進化形態を辿ることになった（図 2）。

(2) 劣悪環境下の施工のための無人化施工

「無人化施工」の歴史は「建設機械の遠隔操作」から始まった。昭和44年に富山県常願寺川の災害において、水中ブルドーザが有線で遠隔操作されたことが最も古い遠隔操作の事例だといわれている。それまでは水中ブルドーザの操作はダイバーによって行われていたため、潜水時間の制限や作業員の苦渋性の問題などがあり、これが遠隔操作の実施の動機と考えられる。

一方、陸上における土工機械の遠隔操作はこれより遅れて、昭和58年に建設省の立山砂防工事事務所で0.6m<sup>3</sup>のバックホウを遠隔操作化したのが最初の例であるとのことであるが、このときには遠隔操作そのものは可能となったものの、作業の効率性の課題が指摘された。

また、ケーソン工事においては、地下水位に対抗するためにはニューマチックケーソンのように圧気環境下に作業員を入れて作業をさせる必要があったが、有線の小型バックホウを遠隔操作し、

掘削状況をテレビカメラで撮影して、操作室で映像を見ながら操作制御するシステムが開発された。

このシステムは、モニタによる操作制御を行った最初の事例であるといわれており、ケーソン工事における苛酷な環境から作業員を解放する点において画期的であった（写真 1, 2）。

(3) 汎用建設機械の遠隔操作から無人化施工システムへ

死者行方不明者43名という大きな被害をもたらした雲仙普賢岳の噴火と大火砕流の発生は、その緊急対策工事における役割の重要性から、無人化施工にとって大きな転換点となった。平成5年に創設された「試験フィールド制度」の適用第1号として、土石流発生後に遊砂地等に堆積した巨礫・土砂の緊急除去が無人化施工で実施された（図 3）。

雲仙ではそれまでの遠隔操作建設機械やテレビカメラ、無線技術などが総合的に使われた「システム」として成立した初めての無人化施工であった。雲仙で本格的な施工技術として確立した無人



写真 1 水中ブルドーザ



写真 2 無人ケーソン掘削機

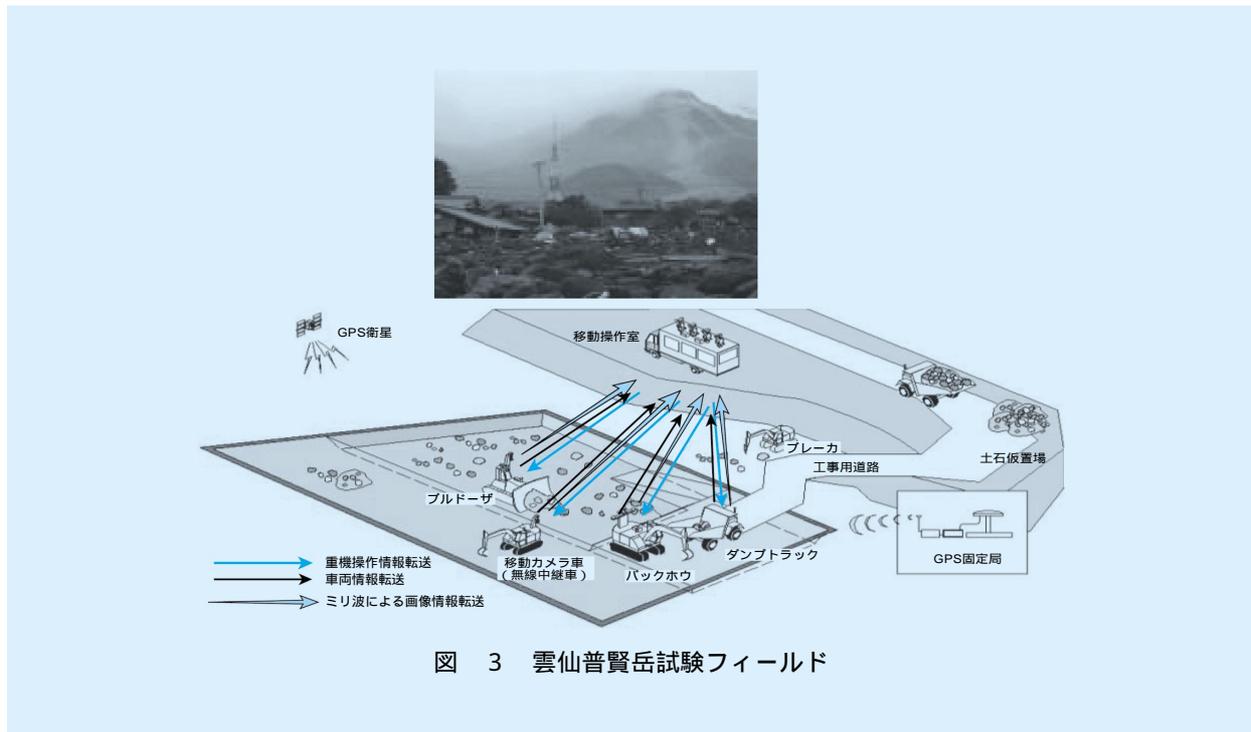


図 3 雲仙普賢岳試験フィールド

化施工は、その後、有珠山噴火、三宅島噴火、新潟県中越地震、南大隅町深層崩壊などにおいても復旧活動等に活用され、最近では平成23年の台風12号による奈良、和歌山県での深層崩壊においても復旧工事に活用されている。

### 3. 総合技術開発プロジェクトにおける建設ロボット技術に関連する取り組み

総合技術開発プロジェクトとは、建設技術に関する重要な課題について、産学官の連携により、総合的、組織的に研究を実施する制度であり、これまでに建設ロボット技術に関連したものとしては、以下のプロジェクトが実施されている。

- ① 昭和58年度から昭和62年度にかけて実施した「エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発」では、レーザー光を利用したブルドーザの排土板制御技術、ロボットによる自動化施工に適した建築工法の開発などに取り組んでいる。
- ② 平成2年度から平成6年度にかけて実施した「建設事業における施工新技術の開発」では、自動化オープンケーソンや自動化フィニッシャ

等の施工の自動化技術の開発と、工場生産部材（ユニット鉄筋、埋設型枠等）の活用によるコンクリート構造物の施工合理化技術の開発に取り組んでいる。

- ③ 平成15年度から平成19年度にかけて実施した「ロボット等によるIT施工システムの開発」では、3次元情報を用いた施工管理技術の開発、建設機械のIT施工技術の開発が行われ、情報化施工や無人化施工の発展に寄与している。

このうち「ロボット等によるIT施工システムの開発」以降、特に情報化施工に関しては広く開発と普及が進んできているところである。無人化施工を含む建設ロボット技術については近年の期待の高まりに対して、技術開発と普及で応える必要があるところである。

### 4. 建設技術研究開発助成制度

国や地域の諸課題の解決に資する研究テーマに対し、提案を公募し、優れた技術提案を助成する競争的資金として建設技術研究開発助成制度がある。近年の建設ロボット技術に関係した採択事例

は、以下に示すとおりである。

- ① 平成24年度からは、「次世代無人化施工システムの開発」が採択された。この研究テーマでは、機械が自ら判断・作業するインテリジェント型の無人化施工機械により、屋内作業にも適応可能な未来型の無人化施工システムの研究・開発が行われている。
- ② 同じく平成24年度から「無人化施工による応急対応技術とその基盤となるデジタル通信技術の開発」が採択された。この研究テーマでは、無人化施工による新型土のうを用いた高速築堤技術や地盤改良技術等の研究・開発が行われている。

## 5. 無人化施工の今後の対応

無人化施工を災害対策の「切り札」とするために

大規模災害を想定した場合、例えば大規模地震が発生し、被害が広範囲に及ぶ場合については、従来の応急復旧活動では、余震による2次災害の危険性が心配される中で作業員と機材を投入して

の作業であることから、余震のたびに作業を中断することとなり、復旧作業が長期化することが想定される。

このため国土交通省では、作業員の安全を確保しながら迅速に作業するため、「無人化施工システム」の緊急・即応体制の確立と、その高度化や適用拡大等によるさらなる復旧活動範囲の拡大および活動の効果向上を図る必要があると考えている。具体的には以下のように考えている。

緊急即応体制の確立とは、民間で保有できないような特殊な機械を国で保有することをはじめとして、大規模災害において無人化施工技術を活用する際に、国と民間の遠隔操作式建設機械を逐次現場に投入しても常に機械が同時に稼働できるように、通信・画像伝送を含めたシステムへの接続仕様（インタフェース）の標準化を図ることや、現状の無人化施工システムの運用面で最も重要な要素であるオペレータ等の技能者・技術者の活用・育成の推進を進めていく必要がある（図4、5）。

また、無人化施工システムの高度化や適用拡大



ヘリコプターによる空輸に対応するため、1ブロック当たりの最大質量が2,800kg以下に分解可能

図 4 国土交通省が保有する分解対応型バックホウ（遠隔操作式）

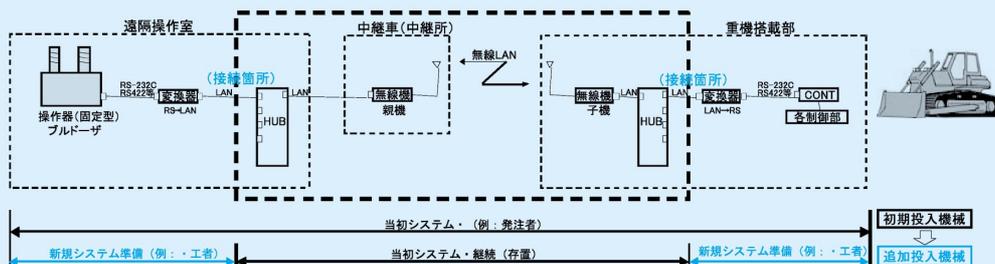


図 5 標準的な接続仕様（案）概念図

等とは、現在の無人化施工では、モニターや目視により、コントローラ操作を行っており、オペレータの経験に負う部分が少なくないが、情報化施工で培われた、マシンコントロール、マシンガイダンス、GNSS技術の活用により、操作性を向上することで、モニター越しでは把握が困難な場所等においても迅速かつ確な復旧作業が可能となることを目指している。

また、現在は単純土工作業程度にしか対応できないが、大都市における大地震発生時に必要となる被災構造物の解体作業等に対応する工種の拡大により、広範囲で安全な復旧作業が可能となる。

さらに、大規模災害対応の現場に無人化施工機械を導入するに当たっては、現地状況の把握や危険箇所の監視のみならず、崩落土砂中の人命の有無など調査・捜索等の技術も必要であり、これら無人化施工導入の前段のフェーズにおける無人化技術も災害対応技術である無人化施工システムの周辺技術に位置付けて注目していく必要がある。

## 6. 建設ロボット技術に関する懇談会

国土交通省では、昨年秋に、建設ロボット技術について今後の調査・開発・活用の方向性やその実現に向けた方策などをとりまとめることを目的に、産学の有識者による「建設ロボット技術に関する懇談会」を設置し、建設ロボット技術に関する短期～中長期的な視点に立った議論をしていただき、提言「建設ロボット技術の開発・活用に向けて～災害・老朽化に立ち向かい、建設現場を変える力～」をとりまとめていただいた。

提言内容の詳細の紹介については別稿に譲る

が、国土交通省のみならず関連する省庁と連携して進めるべき施策についてもご提言をいただいているところである。

国土交通省としては、提言で設定された建設ロボット技術の活用目的、すなわち①建設施工の生産性・安全性向上のための技術、②災害対応のための技術、③インフラ老朽化に対応する技術、における五つの目標の実現に向けて、施策の具体化、制度設計等に取り組んでまいりたい。

## 7. おわりに 今後の取り組みについて

前述の懇談会からの提言においては、産学官の関係者が建設ロボット技術の発展と普及のために実施すべき種々のスキームについても提案されており、このうち、例えば「情報交換の場の設定」に向けては、建設施工関係者と異分野技術者との交流会の準備を進めているところである。そのほか、フィールドを活用した技術開発の実用性の検証等、社会実装に向けた取り組みも国土交通省の果たすべき役割として進めてまいりたい。

現在、現下のわが国の最大かつ喫緊の課題である経済再生に向けて、科学技術イノベーションの潜在力を集中してフルに発揮することが必要とされているところであり、建設ロボット技術の開発・活用の推進により、効果的かつ効率的なインフラ維持管理・更新の実現や自然災害に対する強靱なインフラの実現へとつながり、ひいてはインフラ分野を、高い技術力を活かして国際競争力を備えた、世界をリードする産業へと発展させることにつながると考えている。