

## 建築施工ロボットの開発

—当社における取組とコンソーシアムプロジェクトの成果—

谷 雄 一 田 坂 哲 美  
 田 中 実 山 浦 一 郎  
 山 影 久 尚 \*小 田 康 弘

### 要 旨

建設ロボットは十数年にわたりゼネコンを中心に開発が行われてきた。しかしながら有効に機能しているものが少ない事も事実である。技術研究所では施工の機械化を目指し、種々の取組をおこなっているが、建築施工ロボットの開発もその一つである。

本報は、近年技術研究所で取り組んできた施工のロボット化の中で、共同開発プロジェクトとして参加してきた「日本総研ロボットコンソーシアム」の活動概要、および93年度新規課題提案した「在来工法対象の建築施工ロボットの開発」の実施内容について述べた。

### 1. はじめに

十数年前に出現した建設ロボットは、バブルの時代を経る中で熟練労働者の不足および高齢化の有効な解決策として期待され、ゼネコンを中心に開発されて来た。

本報では、当社技術研究所を中心に建築施工のロボット化に取り組んできた内容について報告する。

### 2. 施工の機械化・ロボット化

#### 2.1 建設業におけるロボット化

建設産業は、長期的な労働者数の不足・熟練工の高齢化および減少という不可避な状況に直面している。経済成長が鈍化したとしても、西暦2000年には、労働時間の短縮とも相まって、業界全体の生産性を現状より

1.5倍以上向上させなければ対応出来ないと言われて、特に大手ゼネコンではこの数字は2倍以上必要とも言われている。

この様な予測の元、必要な生産性を確保する為に様々な検討がされてきた。一方は情報化を軸に生産プロセス全体を統合した新たな建築生産システムを確立していく方向であり、もう一方は個別生産場面での技術開発、施工の機械化である。

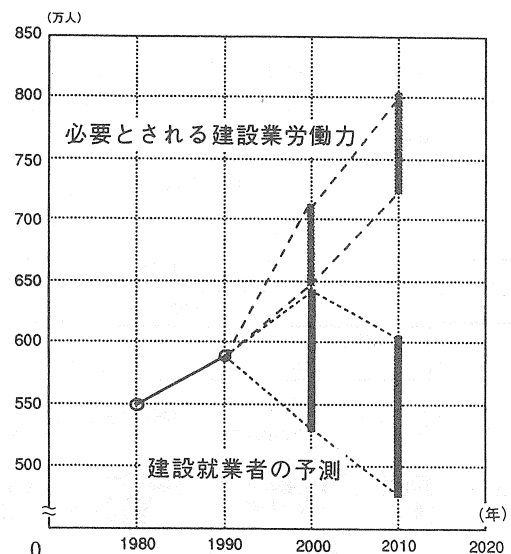
現代における機械は、人間とのより密接なインターフェイスを必要とし、ロボットという形をとる事も多い。

施工ロボットはこれまでに100機種余りの開発がなされ、一つの技術分野としてこの様な短期間で多くの開発がなされた例は過去見られないと言われているが、同時に多くの問題をも包含している。

#### 2.2 当社における取組み

当社では、土木分野において早くから施工の自動化・機械化に取り組む、技術力の優位を保ってきたが、残念ながら建築分野においては立ち後れていた。

現在進めているものを含め、これまで技術研究所が取



図一 建設就業者予測数と必要就業者予測数 1)

り組んで来た建築施工の機械化について、あらためて次に示す。

- 在来の作業を対象としたもの
  - ・コンクリート分配監視装置
  - ・先組鉄筋吊降ろし装置
  - ・コンクリート先端作業ロボット (締固、粗均し)
- 工業化構・工法関連のもの
  - ・部材組立ロボット、他

このうち前者の在来作業を対象とした機種はいずれも試作機レベルまでの開発を完了し、後者の工業化構・工法関連のものは、いくつかの機種について概念構築を完了、引続きメーカーと共に詳細検討を進めている。

これらの当社独自の取組みとは別に、建設ロボットの共同研究という位置付けで、コンソーシアムプロジェクト「ソフト化時代に対応する建設ロボット」に参加し、

\* 建築本部建築部技術課係長

93年3月に3年間のプロジェクトが終了した。  
 これらの流れを継続させる為、93年度新たに次の2  
 課題を設定した。

- 在来工法対象の建築施工ロボットの開発  
 「吊荷姿勢制御装置」、「一般開発機種」
- 全自動ビル建設システムの研究

この内、吊荷姿勢制御装置「PENTA-KITE」  
 については、単独で別稿を設けており、参照されたい。

以下、このコンソーシアムプロジェクトにおける活動  
 内容および93年度テーマ化した「在来工法対象の建築  
 施工ロボット」の主旨および実施内容について述べる。

3. 建設ロボットコンソーシアムプロジェクト

本プロジェクトは、建設ロボットの開発と現場への普  
 及が遅々として進まない現状を打開する為、建設業と製  
 造業40社余りが一体となり開発環境、普及環境を整え  
 ていく事を主旨に、1991年に日本総研が発起人とな  
 り結成された。プロジェクト運営組織を図-2に示す。

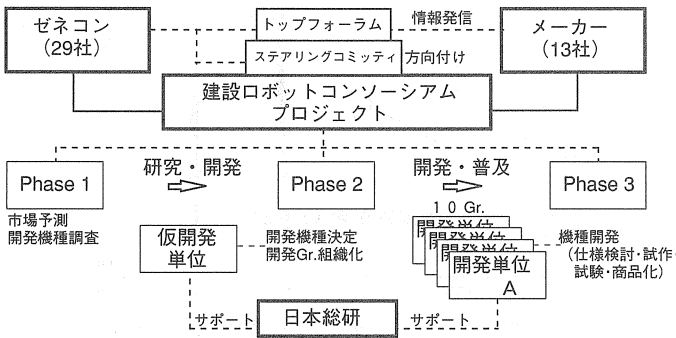


図-2 プロジェクト運営組織

3.1 プロジェクトの概要

プロジェクトでは建設ロボットが現場の生産性向上に  
 あまり寄与せず、仲々普及していかない理由を、

- ①建設ロボットに要求される技術レベルが高度
  - ②開発・普及環境が未整備
- の二点にあると分析し、これらを背景にロボット開発の  
 ねらいを次の様に設定した。

- ①ゼネコン、サブコン、メーカー三者一体での開発
- ②中小規模現場を対象とした機種の開発
- ③技術的高度化の回避

PHASE 1にて、ゼネコン、サブコン等のヒアリン  
 グを通じ、開発候補ロボットを35機種抽出した。その  
 後、これをメーカーに提案した結果、表-1の12機種  
 を開発する事となった。

表-1 プロジェクト開発機種一覧

No.	開発機種名	担当メーカー
1	型枠加工システム	安川電機
2	簡易コンクリート ディストリビュータ	三和機材
3	コンクリート床均し	三和機材
4	コンクリート吸水	山川エンジ
5	コンクリート床仕上	三和機材
6	鉄骨歪み直し	多摩川精機
7	PC板用マニピュレータ	KOMATSU
8	ALC板用マニピュレータ	タダノ
9	内装ボード用マニピュレータ	東都電機
10	自走式小型足場	ヤンマー
11	鉄筋搬送システム	日本技術セック
12	現場内搬送	ヤンマー

3.2 実施内容

ロボットの開発はPHASE 2にて「開発単位」を組  
 織し実施された。当社が参画した「型枠加工システム」  
 と「現場内搬送」の2機種について概要を説明する。

①型枠加工システム

本機種は型枠製作の生産性向上をねらった定置型の装  
 置である。20~30人分の生産能力があり、コストは  
 1億数千万程度と想定される。図-3に概念図を示す。

○特徴

- ・柱、梁、壁用型枠の下拵えが全自動で可能
- ・寸法入力はパソコンCADによる対話形式

○仕様(能力)

- ・生産量 : 650 m<sup>2</sup>/day
- ・最大仕上寸法 : 長さ 7m  
 : 巾 最大0.9m、最小 0.15m

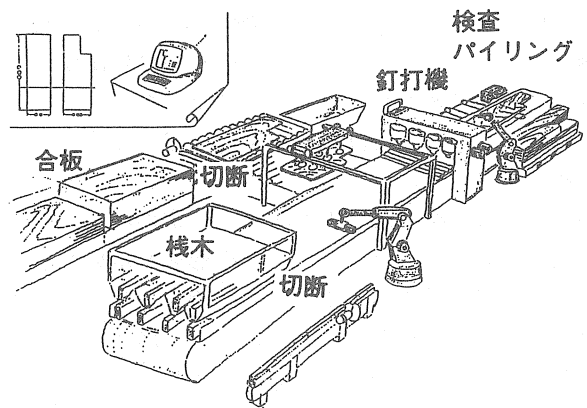


図-3 型枠加工システム概念図

②現場内搬送

本機種は工事用リフトの効率的な運用、工事用リフト  
 から施工階への移載作業の迅速化を目的とした、リフト  
 台車とローラーコンベアを組合わせた装置である。図-  
 4、写真-1に本機種の概要を示す。

○特徴

- ・腰壁越し資材取込みの省力化を実現
- ・人力駆動の為、メンテナンスフリーである

○仕様（能力）

- ・最大積載重量 : 500kg
- ・外形寸法 : 1.6m×0.9m×1.2m
- ・リフト台車重量 : 185kg (3分割可能)

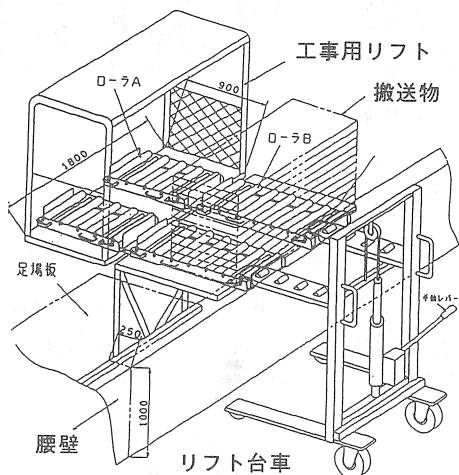


図-4 現場内搬送概念図

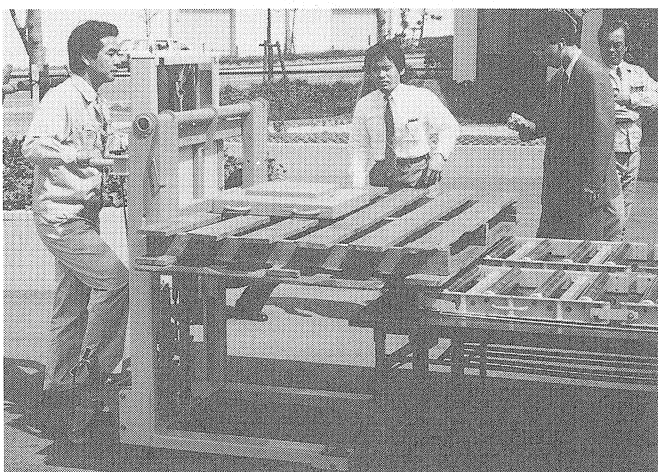


写真-1 リフト台車

3.3 プロジェクトのまとめ

開発された機種は技術レベルは様々であるが成果は共有である為、ゼネコン各社は開発機種を自社施工に適用しやすく、それ故普及もしやすい。正にこれはプロジェクトのねらいでもあった。今後当社としても開発機種の現場適用を検討してゆきたい。

4. 在来工法施工ロボット

4.1 開発の主旨

施工の機械化をはかる場合、生産プロセス全体をシステム的にとらえ、工法の改変も含め、それに応じた大きな機械施工システムを作る方向と、現行の施工法を前提に機械化をはかる方法との大きく二通りが考えられる。

本課題は後者の考えに立ち、特に在来工法を対象に、現場施工に密接に結び付いたロボット開発を行なう事を目的とした。93年度実施内容について以下述べる。

4.2 ニーズ調査

ロボット化対象工種（ロボット機種）選定の為、一部支店・現場を対象とし、以下を実施した。

- ①支店・現場ヒアリング
- ②施工の機械化に関するアンケート

またこれは単にロボット機種選定の為だけでなく、施工に携わる方々への建築施工ロボットに関する情報発信の手段としても位置付けた。

4.3 調査結果の概要

アンケート調査は、回収率80%という成果を得られた。集計結果の主要な項目について説明する。

①作業における問題点

図-5は機械化・ロボット化を考える上での背景を示したものである。図の様に頻度の上位3項は危険作業・苦渋作業・環境劣悪と「労働環境」の問題を示し、次の熟練工不足・多人工の2項は「労務事情」に関する項目となった。

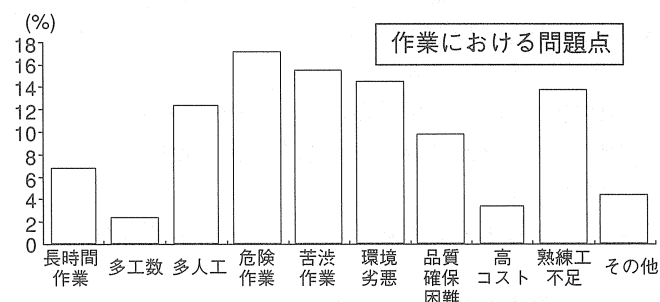


図-5 作業における問題点

②ロボット化対象工種

図-6は、「機械化・ロボット化を必要とする工種」と「開発を要望する機種」の2つを質問した結果を併せてまとめたものである。グラフに示す様に、頻度の高い工種は両設問ともほぼ同じ傾向で、共通・直接仮設、鉄骨、コンクリートの順である。またこの「仮設」に関してさらに中身を細分化すると、足場、墨出し、資機材搬送で大半を占める。

③ロボット化の目的

図-7は「ロボット化の主眼をどこに置くべきか」と「ロボットにどの様な効果を期待するか」の二項を併せてまとめたグラフである。この結果は、ロボットを施工の場面に導入する場合、省力化・省人化および安全性の向上が図れなくてはならない事を示している。

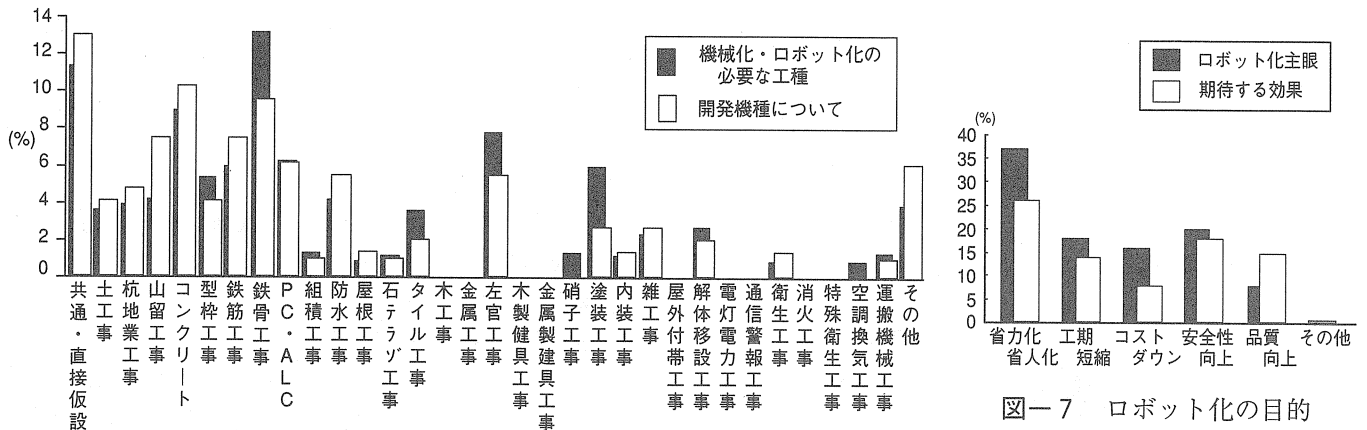
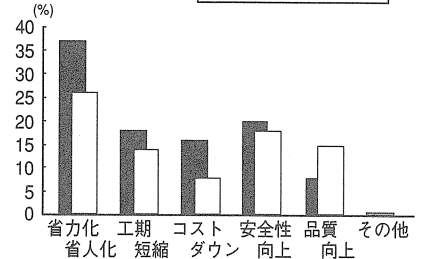


図-6 ロボット化対象工種

図-7 ロボット化の目的



4.4 開発候補機種の選定

ヒアリングおよびアンケート結果を基に、図-8に示す手順にて開発候補機種の選定を行った。

この結果選定された11の工種(機種)を表-2に示す。表には対象作業に対応した既存ロボットの調査結果を併記した。

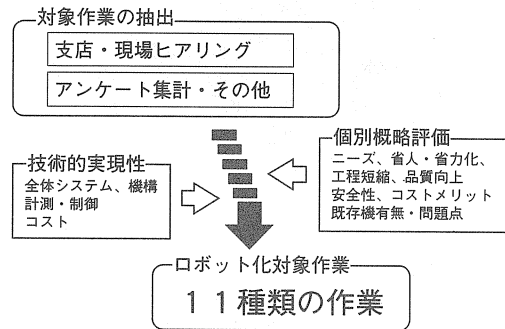


図-8 機種選定手順

5. 今後のロボット化の課題

5.1 技術的課題

建築における作業は多分に技能的要素が強く、係わる人間の意識的な作業が多い。それゆえ使い易いロボットを考えた場合、操作性という側面からあらためてロボット技術を捉え直す必要がある。

具体的には次の事を念頭においた開発が必要である。

- ① 作業者の感性に合致し意志を忠実に反映する操作方式
- ② それを実現する制御ソフト・センシング技術

5.2 開発推進における課題

93年度実施したヒアリングおよびアンケート、あるいは日本総研コンソーシアムプロジェクトにおける同様の作業に示される、現場ニーズ・汎用性等から開発すべき機種を決めて行くやり方は開発手順として正当な方法と言えよう。今後は更に実務部門との密着した開発を目指し次の2点を重点的に進めていきたい。

- ① ニーズの明確化と的確な把握
- ② 普及にむけた情報発信

6. おわりに

最近の低迷した経済情勢の中で、施工ロボットを開発する事の困難さも増してきたが、これまで開発目的としてきた将来予測される労務環境の変化(労働者不足・高齢化)への対応と、労働環境の改善(危険・苦渋作業からの解放)は今後も変わらない目的である。

現時点では、汎用性を念頭に置いた上で、より直接的

に現場のニーズに応えた作業改善を実現するロボットを開発してゆく方法が必要である。

これは短期的開発であると同時に、将来的な労務事情をにらんだ、長期的・連続的な開発作業でもある。

表-2 選定工種

No	ロボット化対象作業	既存機種調査結果		
		製品レベル	試作機レベル	未開発
1	基本墨出し			○
2	仕上墨出し		○	
3	鉄骨建方管理		○	
4	外壁PC板位置決・取付		○	
5	回転防止吊具	○		△
6	鉄骨建入直し		○	
7	ALC板位置決・取付		○	
8	部材回転吊具	○		△
9	自動玉外し	○		△
10	柱溶接		○	
11	梁溶接			○

参考文献

- 1) 1993年度建築学会大会パネルディスカッション資料「施工自動化への道程」、日本建築学会、1993.9
- 2) Proceedings of The 9th International Symposium on Automation and Robotics in Construction、1992.6
- 3) 三浦延恭：「建築作業のロボット化」、建築技術(株)建築技術、1993.1