

大型構造物の製造を自動化するロボットに向けて

Toward the realization of a robot automating the large structure manufacturing

大阪大学大学院基礎工学研究科
Graduate School of Engineering Science,
Osaka University

教授
原田 研介
HARADA Kensuke



1. はじめに

筆者は、約 30 年に渡りロボットの研究に携わっている。特に、2002 年に産業技術総合研究所に研究員として入所して、ヒューマノイドロボットの全身動作生成やマニピュレーションに関する研究を行った。その当時、研究所ではヒューマノイドロボット研究の実用化について盛んに議論されていた。本稿では、当時の議論を振り返ると共に、現在共同研究を行っている大型構造物の建設を自動化するロボットに関するプロジェクトについて紹介する。

2. ヒューマノイド実用化に向けて

産業技術総合研究所では、当時川田工業など民間企業、

そして大学などと共同で人間協調・共存型ロボットシステム研究開発プロジェクト（1998-2002）¹⁾²⁾ 通称 HRP）、基盤技術研究促進事業（2002-2006）³⁾ など、ヒューマノイドロボットに関する大型の研究プロジェクトが実施されていた。その一環として、ヒューマノイドロボット研究の出口として、組立、点検作業などが想定された。そして、これらの分野へ応用することを目指して、ヒューマノイドロボット技術の実用化とのギャップや、どのような研究戦略で実用化に近づけていくかを確認することを考え、実際に現場に赴き調査活動を行ったりもした。特に、図 1 にはトンネル掘削現場の調査の様様、図 2 には橋梁建設現場の調査の様様を示す。どちらの現場も、人にとって非常に過酷さや危険が伴うことから、自動化



図 1 トンネル掘削現場の調査（2003）（左写真で右から 2 番目が筆者）



図 2 橋梁建設現場の調査（2003）

がとても求められるものであった。しかし、その当時、2足でバランスを維持するのが精いっぱいヒューマノイドロボットにとって、これらの環境への応用は、とてもハードルが高かった。

ただし、これらの調査結果は、種々の興味深い研究課題を提供してくれた。そこで、橋梁建設現場のモックアップを実験室内に作成し（図3）、ヒューマノイド研究を加速させると同時に実用化とのギャップを少しでも埋めることを考えた⁴⁾。

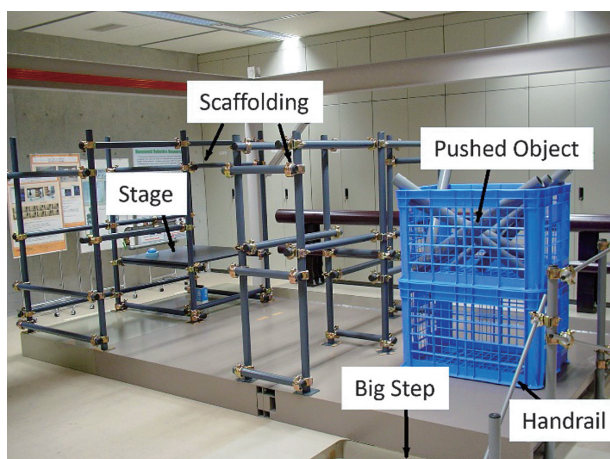


図3 橋梁建設現場のモックアップ

例えば、平らな床の上に足で立つことでバランスを維持してきたヒューマノイドロボットに対して、手をテーブルにつくことを許容することで、バランス維持の幅を広げることができる。そこで、片手をテーブルについてバランスを維持するのと同様なアイデアを使って、手摺を手で掴むことでロボットの移動時の安定性を高め、この状態で大きな段差を上る研究などを行った（図4右）。これらの一連の研究⁵⁾⁶⁾により、種々の成果を残すことができた。また、プレス発表を行う機会にも恵まれ、多数のメディアで研究成果が報道された。

ここで、ヒューマノイドロボットは人と同様に左右の腕を持ち、その先端に搭載されたハンドで人と同様に作業を行うことができる。さらに、左右の足を有しており、不整地などの踏破が可能である⁷⁾。そのような万能なロ

ボットを夢見て、これからヒューマノイド研究は黎明期を迎え、それに従って応用分野も徐々に広がっていくと、その当時は思われた。そして、その後にボストンダイナミクス⁸⁾によって、信じられないようなアクロバティックな動作制御が実現され⁹⁾、また一方で DARPA Robotics Challenge¹⁰⁾ を通じてヒューマノイド研究は世界で多くの研究者が興味を持つ研究テーマとなった。しかしながら一方で、実用に関しては、まだ課題が多いのが現状である。

3. 橋梁建設の自動化に向けて

橋梁の建設作業は、現状では人手に依存している。しかしながら橋梁の建設作業は危険作業であり、また少子高齢化の影響で労働力を確保することが年々困難になってきている¹¹⁾。このため、容易な作業や単純な繰り返し作業については自動化が望まれている作業である。そこで、ヒューマノイドロボット研究で培った技術的蓄積を利用して、現在橋梁建設分野の自動化を目指した共同研究を開始したところである。このような目的を実現するため、ロボット技術と情報技術を組み合わせたシステムを川田工業において構築している。このロボットを図5に示す。これは、双腕ロボット NEXTAGE¹²⁾ を電動車椅子の上に載せたものであり、移動しながらの作業を可能にしている。このようなロボットを導入することで、橋梁建設現場の品質保証力を高めつつ、生産性の向上を可能にすることを目指している¹³⁾。

技術開発項目としては、現場での塗膜厚測定や標高測量等の検査データを、各種測定器や機械上で直接デジタル化し、クラウドサーバにアップロードできるIoT技術や、任意の遠隔地から検査データを自動的に抽出し、現場と共有のうえエビデンス帳票化まで可能な技術の開発が挙げられている。

そのような目標の下、ロボットによる測定の自動化を第一番目のターゲットとした。ロボットのオペレータはロボットの頭部に搭載されたカメラに映し出されたシーンをモニタにより観察している。そして、ロボットはハンドで測量を行うためのピンを把持した状態で、このピ

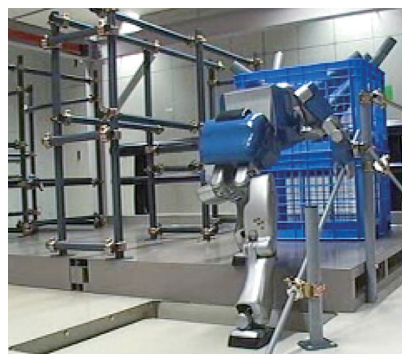
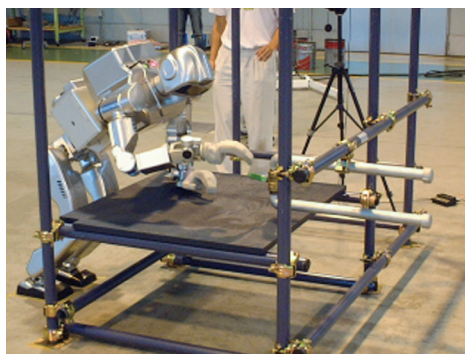


図4 ヒューマノイドロボットの全身動作生成の研究



図5 橋梁架設現場用出来形検査ロボット

ンの根本の絶対位置を3角測量の原理で測る。このピン
の先端を橋梁の一部に突き当てることにより、その橋
梁の施工が正しく行われているかどうかをチェックす
る。そして、このような施工が正しく行われているか
をチェックする作業を自動化するシステムを構築する
ための、視覚情報処理の部分を大学で担当した。特に、
RGB-D センサの情報からクリックした物体の位置を導
出するプログラムを作成し、アームの逆運動学の解法に
関して協力をさせてもらった。橋梁の建設においては多
くの技術的課題があり、これらの問題を少しでも解決で
けるようにしていきたい。

4. おわりに

本稿では、ヒューマノイドロボットの実用化に向けた
取組みと双腕ロボットによる大型構造物の製造・品質検
査の自動化に関する取組みについて紹介した。今後とも、
企業と大学で Win-Win の関係を構築できるような共同
研究を多く行っていき、大学で開発した技術を社会で実
現したいと考えている。

参考文献

- 1) 井上 博允, 比留川 博久: 人間協調・共存型ロボ
ットシステム研究開発プロジェクト, 日本ロボット学会誌
2001 年 19 1号, p. 2-7
- 2) 五十棲 隆勝, 赤地 一彦, 平田 勝, 金子 健二, 梶田
秀司, 比留川 博久: ヒューマノイドロボット HRP-2 の開
発, 日本ロボット学会誌 2004 年 22 巻 8 号, p. 1004-1012
- 3) 独立行政法人産業技術総合研究所ホームページ:
[https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2007/
pr20070621/pr20070621.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2007/pr20070621/pr20070621.html)

- 4) 金子 健二, 原田 研介, 金広 文男, 木村 勉, 宮森 剛,
赤地 一彦: ヒューマノイドロボット HRP-3 の開発, 日
本ロボット学会誌 2008 年 26 巻 6 号, p. 658-666
- 5) 原田 研介, 梶田 秀司, 金広 文男, 藤原 清司, 金子
健二, 横井 一仁, 比留川 博久: ヒューマノイドロボ
ットの脚腕協調における ZMP 解析, 日本ロボット学会誌
2004 年 22 巻 1 号, p. 28-36
- 6) 梶田 秀司, 金広 文男, 金子 健二, 藤原 清司, 原田 研
介, 横井 一仁, 比留川 博久: 分解運動量制御: 運動量と
角運動量に基づくヒューマノイドロボットの全身運動生
成, 日本ロボット学会誌 2004 年 22 巻 6 号, p. 772-779
- 7) 原田 研介, 森澤 光晴, 中岡 慎一郎, 金子 健二, 梶田
秀司: 不整地におけるヒューマノイドの Kinodynamic
Motion Planning (ヒューマノイド), ロボティクス・メ
カトロニクス講演会講演概要集 2008 巻 (2008) 2A1-D11
- 8) Boston Dynamics ホームページ:
<https://www.bostondynamics.com/>
- 9) Boston Dynamics ホームページ:
[https://www.bostondynamics.com/resources/blog/
build-it-break-it-fix-it](https://www.bostondynamics.com/resources/blog/build-it-break-it-fix-it)
- 10) Darpa ホームページ:
<https://www.darpa.mil/program/darpa-robotics-challenge>
- 11) 国土交通省 国土交通政策研究所: 国土交通政策研
究 第 143 号, 国土交通分野の将来見通しと人材戦略に
関する調査研究 (2018 年 3 月)
- 12) カワダロボティクス (株) ホームページ
<https://nextage.kawadarobot.co.jp/product>
- 13) 畠中 真一, 池田 俊雄, 藤野 大地, 五十棲 隆勝,
安孫子 聡子: 建設現場用のアバター検査システム, 橋
梁と基礎 (2021 年 8 月), p.114-117