

総論

1 なぜ今ロボットなのか



高西 淳夫
TAKANISHI Atsuo

早稲田大学理工学術院教授
ヒューマノイド研究所所長

「ロボット」という言葉はよく聞かすが、「ロボット」とはどのようなものなのだろうか。ロボットの定義と歴史、発展経緯を紐解きながら、ロボットの意義と現状を学び、そして今後社会へ普及させるためにはどうしたら良いのかを探りたい。

ロボットとは

「ロボット」とはなんでしょうか？ 工業製品としてのロボットという意味では日本工業規格のJIS B0134に記載があります。その最初にある定義が最も普及している「産業用ロボット」で、「自動制御によるマニピュレーション機能又は移動機能を持ち、各種の作業をプログラムによって実行できる、産業に使用される機械」と書かれています。産業用ロボット以外にも、その構造や制御方法などの違いによってマニピュレータ、移動ロボット、プレイバックロボット、知能ロボットなど、20種類以上ものロボットに関する定義が並んでいます。

一方、「ロボット」という言葉自体は、チェコの作家のカレル・チャペックがチェコ語の奴隷や労働者を意味する「ロボター」を元にして創った造語で、1920年に発表した戯曲『ロッサム万能ロボット会社R・U・R』（写真1）の中に初めて出てきました。

実用機として最も多く稼働している産業用ロボットは、部品の組み立て、溶接、塗装、搬送など様々な製造の現場で利用されています。以前は、自動生産機械と同様、同じ動作を高速かつ高精度に繰り返す作業を続けるだけでした。しかし現在では、半導体、通信環境そしてコンピュータ技術も著しく向上し、またFA (Flexible Automation) と呼ばれる多品種少量生産のトレンドもあり、ロ

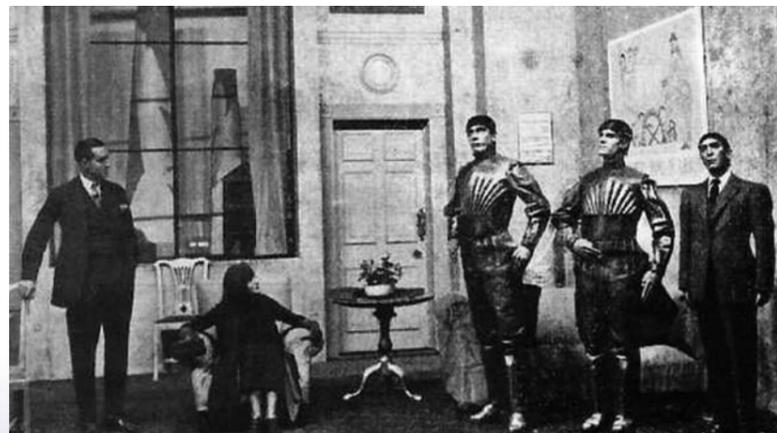


写真1 演劇『ロッサム万能ロボット会社R・U・R』

ボットとその周辺技術を統合することで、生産計画から最適な稼働制御に至るまで、一貫してロボット化された製造システムを構築できるようになっています。

ロボットの黎明期

産業用ロボットの最初の概念は、1954年にアメリカのジョージ・デボルが取得した特許の中に出てきています。その7年後の1961年にアメリカのユニメーション社のジョセフ・F・エンゲルバーガーが実用機としての産業用ロボット「ユニメート」(写真2)を発表しました。ユニメートが、それまでの自動生産機械と違ったのは、電子工学技術によって様々な動作をロボットに記憶させ、これらを繰り返して再生実行できたことでした。

その後、我が国では川崎重工業株式会社が1968



写真2 産業用ロボット「ユニメート」

年にユニメーション社からユニメートの技術を導入し、国産化を開始しました。1970年代に入ると、新しいロボットが次々と開発されはじめました。1970年に当時の通商産業省(現経済産業省)工業技術院電子技術総合研究所が画像認識機能を持つETLロボット、そして1973年には早稲田大学の加藤一郎教授をリーダーとした研究グループが世界初の人間形ロボットWABOT-1(写真3)を開発しました。

WABOT-1は、2台の撮像管式テレビカメラを用いた視覚認識、日本語の音声認識合成による会話、両腕と手、そして2本の足を備えていました。単語レベルですが人間との会話により命令を聞き、テレビカメラを用いたステレオ視により、離れた机の上に置いてあるコップなどを認識し、その方角と距離も推定できました。また1歩45秒というゆっくりした動きで歩く(静歩行)こともでき、世界で初めての2足歩行式

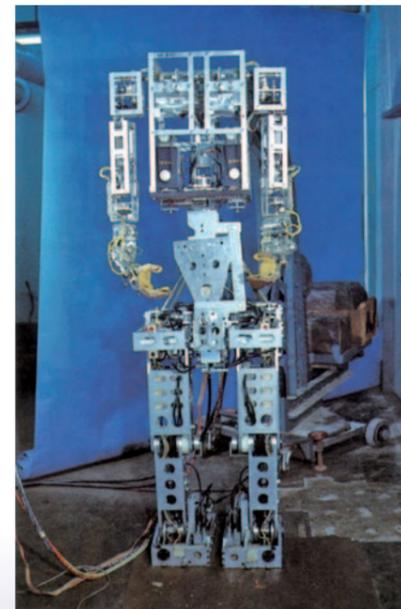


写真3 2足歩行式の人間形知能ロボット WABOT-1

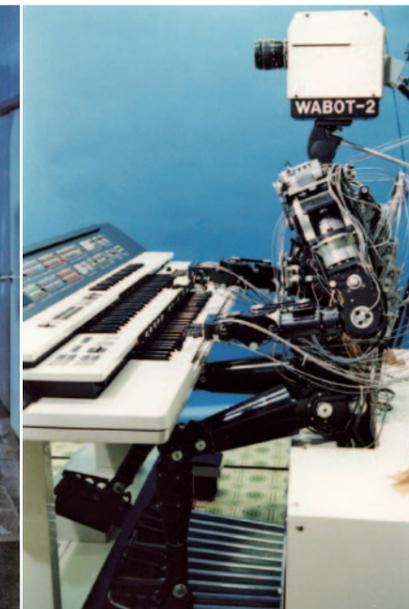


写真4 鍵盤楽器演奏ロボット WABOT-2

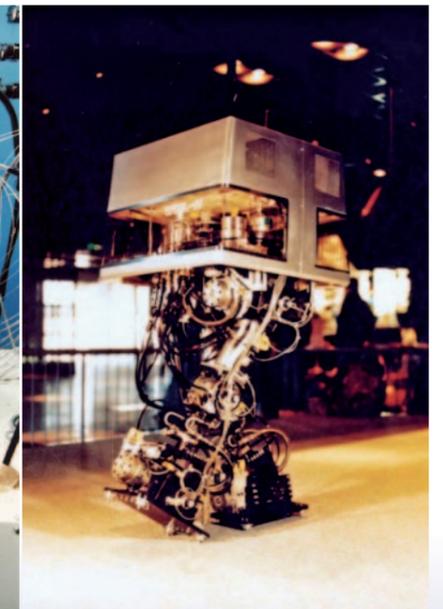


写真5 2足歩行ロボット WHL-11(つくば万博)

の人間形知能ロボットでした。

ロボット元年

1980年代になると産業用ロボット市場が急成長し、多くのロボットが工場などで活躍するようになりました。1980年は「ロボット元年」と呼ばれ、1983年には日本ロボット学会が設立されました。同じ年に通商産業省による大型プロジェクト「極限作業ロボット」の研究も始まりました。原子力発電施設作業ロボット、石油生産支援ロボット、そして生産施設防災ロボットの開発を目標にし、終了となるまでの8年間で総額200億円の研究・開発費が投入されました。

1985年には茨城県の筑波(現つくば市)で科学万博(つくば万博)も開催されました。産業用ロボットを使った氷の彫刻、コマ回し芸、似顔絵書きをするロボット、また人間や様々な生物をデフォルメした多数のキャラクターロボットを使ったショーなどがあり、多くの来場者を楽しませてくれました。

その中に、日本政府テーマ館に出品された鍵盤楽器演奏ロボットのWASUBOTがありました。これは早稲田大学が1984年に開発したWABOT-2(写真4)が原型になっています。同館には早稲田大学と株式会社日立製作所で共同開発した2足歩行ロボットのWHL-11(写真5)も展示されました。エネルギーの供給は外部電源でしたが、油圧式モータを使って、1歩が13秒というゆっくりした歩行ながらも、展示終了までの半年間で合計65kmもの距離を歩きました。

WABOT-2は、頭部のCCDカメラで楽譜台に置か



写真6 コンクリート床直仕上げロボット(写真提供:鹿島建設株式会社)



写真7 ロボカップサッカー・ヒューマノイドリーグ競技の様子(写真提供:RoboCup Federation)

れた普通の楽譜を読み取って認識し、ピアノや電子オルガンを演奏することができました。また、連続音声認識と音声合成により人間との会話が可能でした。さらに、人間の歌声を認識し、音程のずれを検出することで、歌い手の音程に合わせて移調して伴奏する機能も持っていました。人間がロボットに合わせるのではなく、ロボットが人間に合わせる機能の初めての例だと思われます。

つくば万博もそうですが、娯楽用に限らず、医療用ロボット、農業用ロボットあるいは建設用ロボットなどの非産業用のロボットが、特に1980年代に入って本格的に開発されました。建設作業におけるロボット化については、1982年に早稲田大学の長谷川幸男教授が多数の大学や建設・建設機械系の企業に呼びかけ、産学協同の建設ロボット化共同研究プロジェクト「WASCOR」が始まりました。これは15年に渡って継続され、史上最大級の建設ロボットに関するプロジェクトといえます。(写真6)

1990年代以降から現在までは、多数の産業用・非産業用のロボットが開発されました。しかも研究レベルに留まらず、多くの実用製品も発売され、数え上げれば限りがありません。

サービスロボットと知能化

つくば万博を契機に新しく展開されるようになった主張が、ロボットの第3次産業への進出です。高齢化と少子化の影響をともに受ける我が国の医療・福祉やサービス分野からのニーズの高まりが、その背景にあります。これらはサービスロボットと呼ばれ、産業用ロボットとの根本的な違いは、人間共存型であるか否かにあります。娯楽、受付・案内、警備・レスキューあるいは医療など、人が存在するあらゆる場所・状況において使われるのがサービスロボットであり、その種類は千差万別といえます。

ロボットのハードウェアの高機能化とともに、知能を高める試みも活発になりました。ロボットではありませんが、1998年にディープブルーと呼ばれるコンピュータが人間のチェスチャンピオンを破りました。その後、ルールが遥かに複雑な将棋に拡張することは不可能に近いといわれましたが、ついに2013年、団体戦ではありますがコンピュータがプロの棋士に勝てるまでになりました。このようにコンピュータ単体では知能化のレベルもかなり高くなりましたが、ロボットの場合は、それ自身はもとより環境も時々刻々と動き・変化することが多く、考慮しなければならない状況・条件が一気に複雑になるため、まだまだ人間に勝てる知能は実現されていません。

ロボットの知能化に関する大きな動きとして、1997年に開始されたロボットによるサッカー試合の世界大会「ロボカップ」があります。人間と同等なサッカー試合をロボットで実現することを目指すことで、ロボットの知能化技術を高めようというものです。現在でも続けられているロボカップは、当初のサッカーのみならず、災害救助、家庭内作業、そして子どもたちの創造性を活かすダンスなど幅広い応用を目指した国際的なロボット競技(写真7)となっています。

また何といても知能のお手本は人間そのものです。WABOTを開発した早稲田大学では、1992年より産官学共同の「ヒューマノイド・プロジェクト」を立ち上げ、HADALY-2という人間型ロボットを開発しました。これを契機に、WENDYやWABIANなどの人間型知能ロボットも開発し、2000年からはヒューマノイド研究所を設立し、最近では最新版の人間共存ロボットTWENDY-ONEの開発や欧米を中心とした海外研究機関との共同研究も行っています。(写真8~10)

経済産業省でも1998年より5年の計画で、人間の作業・生活空間において、人間と協調・共存して複雑な作業を行うことが可能な人間型ロボットを開発す



写真8 人間共存型知能ロボットHADALY-2



写真9 人間運動シミュレーション用2足歩行ロボットWABIAN-2

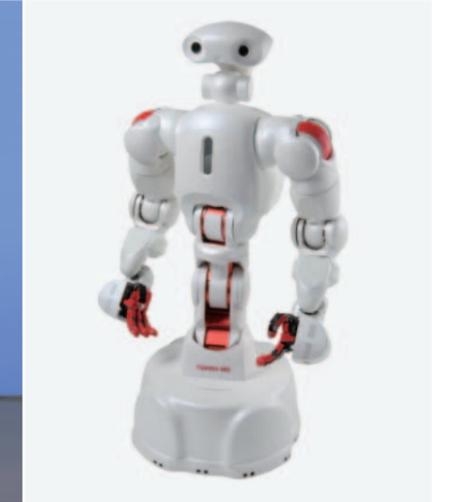


写真10 人間共存型知能ロボットTWENDY-ONE(写真提供:早稲田大学菅野研究室)

るプロジェクト「人間協調・共存ロボットシステム研究開発」が実施されました。

建設用ロボットの展開

建設は本来第2次産業ですが、工場における生産とは技術的に大きく異なっています。まず、建設作業はプレハブなどの一部の建設作業を除いて、大部分はその方法論が確立され標準化されているわけではなく、設計者と作業者に委ねられています。また、同じ作業を繰り返す例はそう多くなく、自動化する際の繰り返し性によるメリットがありません。作業の種類もきわめて多く、作業対象物も小さなボルトから大きな梁まで、形状・重量が大幅に変動します。つまり、早稲田大学のWASCORプロジェクトのように自動化・ロボット化も試みられましたが、産業用ロボットの技術や経験をそのまま活かすことが難しい分野といえます。

現在、最も普及しているロボットは、ブルドーザやトラックなど、従来からある建設機械に遠隔操作装置を付加してロボット化するというものです。遠隔操縦式であるため、追加費用は少なく済み、ロボットを操縦する操作者の安全性も確保できますが、熟練を要し、作業範囲も主として土木工事に限定されています。

そのような中、東日本大震災をきっかけに建設ロボットの有用性を見直す声や土木・建設系およびロボット系の学協会から上がりました。2012年に国土交通省も「建設ロボット技術に関する懇談会」を立ち上げ、翌年に少子高齢化、多発する災害、社会資本の老朽化や国際展開などの問題への対処法として建

設ロボットの導入・応用に関する提言をまとめています。最近のセンシングやロボットの知能化技術などを積極的に取り込むことで、今後の展開が大いに期待できるものと思います。

他分野との協同

1961年に最初の産業用ロボットが世に出て以来、今日までのロボット技術の向上と普及には目覚ましいものがあります。今後も、増々の進歩を遂げるものと思いますが、例えば道路交通法にはロボットという認識がなく、そのままではロボットは公道を走ることができません。薬事法も同様ですし、医療の発展による生命倫理の問題も顕在化してきています。つまり、ロボットの技術が進んでも、その応用分野や法律・倫理問題などの専門家の協力がなくては、ロボットの専門家だけで社会に普及させることが難しい時代でもあるのです。本稿によってロボットに興味を持ち、ロボットの専門家と共同して、より安全・安心で住みやすい我が国あるいは世界を築こうと志を抱かれる読者が少しでもおられれば、筆者として幸いです。

<参考文献>

- 1) ワセダロボットの歩み(第3版)、加藤一郎・他、早稲田大学加藤一郎研究室、1991年
- 2) 人間型ロボットのはなし、早稲田大学ヒューマノイドプロジェクト、日刊工業新聞社、1991年
- 3) 建設作業のロボット化、長谷川幸男、工業調査会、1999年
- 4) 極限作業ロボットプロジェクト、高野政晴、日本ロボット学会誌、第9巻5号、1991年
- 5) 二十一世紀のロボティクス ロボカップによる研究・教育と次世代産業育成、浅田稔、都道府県展望、523号、全国知事会、2002年
- 6) HRP:人間協調・共存型ロボットシステムプロジェクト、比留川博久、バイオメカニクス学会誌、第24巻4号、2000年
- 7) 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～、建設ロボット技術に関する懇談会、国土交通省、平成25年4月(国土交通省ホームページより)