

技術

# 6 人型ロボットを造る



横井 一仁  
YOKOI Kazuhito

独立行政法人産業技術総合研究所  
知能システム研究部門/副研究部門長

様々なロボットの研究開発がなされているなかで、特に外観、形状、動きなど人型にこだわり追求する研究が盛んに実施されている。なぜ人型なのであろうか。人型ロボットの研究開発の現状と、未来の姿について考えたい。

## 日本で生まれた人型ロボット

太古の昔から、人は、人の形をした人ではないものに敬意と恐れを抱いていた。はじめは動かぬ像だったが、機械文明、特に機械時計の発達した18世紀後半には、自動人形、からくり人形が生み出され、人の形をしたものが動く時代を迎える。さらに、20世紀に入り、電気が一般のものとなり、コンピュータが発明され、ようやくロボットができる素地が整った後、1973年に早稲田大学で世界最初の人型ロボット（ヒューマノイドロボット）WABOT-1が開発された。WABOT-1は、カメラで物体を認識し、二足静歩行で歩き、手で物を掴むといったことができるロボットであった。ただし、WABOT-1の脳に当たるミニコンピュータは、本体に搭載できない程大きかったが、性能は低く、脚か腕かどちらか一方しか一度には動かせず、一步踏み出すのに2分近くかかったようだ。この後、その技術的難しさから、なかなか後が続かなかった二足歩行ヒューマノイドロボット開発だったが、1996年になると突如Honda P2が本田技研工業株式会社より発表された。Honda P2は、身長182cm、体重210kgと関取なみの巨漢だが、コンピュータ、バッテリーも体内に搭載し、二足動歩行が可能な世界初の完全自律型のヒューマノイドロボットであった。これを境に、多くの企業・大学がヒューマノイドロボット開発に取り組み、日本がリードする形で、中国、韓国、ドイツ、イタリア、フランス、スペイン、アメリカ等、世界各国で数多くのヒューマノイドロボットが開発されている。

独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）でも、

前身の工業技術院機械技術研究所、電子技術総合研究所の時代から、二足歩行ロボット、ロボットアーム、3次元視覚システムなど、ロボットに関する多様な研究開発を実施していた。経済産業省と独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が1998～2002年度に実施した「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発（Humanoid Robotics Project: HRP）」に参加することを契機として、ヒューマノイドロボットの研究開発を本格化し、民間企業とともにヒューマノイドロボットHRPシリーズを開発するとともに、それらを用いて様々なヒューマノイドロボットの応用分野を開拓している。なお、ヒューマノイドロボットHRP-2、HRP-4は、共同開発先の川田工業株式会社から学術研究機関向けに提供されている。

## なぜ人型ロボットを研究開発するのか

ロボットに限らず、多くの工業製品は、ある特定の作業目的に応じてデザインされている。例えば、掃除をするという目的に対して掃除機が発明され、それをロボット化したものがロボット掃除機となっている。では、人型ロボットは、どんな目的のために研究開発されているのだろうか？

これについては、大きく三つのグループに分けられる。一つ目は、趣味や教育の目的で人型ロボットを造っているグループであり、二つ目は、人を知るために人型ロボットを研究開発するグループであり、三つ目は、人によって働く究極の人工物を造るために人型ロボットを研究開発するグループである。産総研は、第三のグループに属している。

では、人型ロボットを働かせる魅力はなんであるか。それは、以下の4点である。

- ① 人の行動する環境、使用する道具・装置をそのまま使える（人間環境適合性）
- ② 人がロボットの動作を理解しやすいため、人と共同作業を行いやすい（人間協調性）
- ③ 人と同じように、様々な作業を一台のロボットで行うことができる（汎用性）
- ④ 人の形をしたものが動くこと自体が魅力的である（注目性）

これらの魅力を現実のものとするために、産総研を含め、企業、研究機関で、働くヒューマノイドロボットの研究開発が行われている。

## 人間環境適合性に着目した研究開発

産総研は、川崎重工業株式会社、東急建設株式会社と共同で、「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発（HRP）」の一貫として、ヒューマノイドロボットを用いて、人が使用している産業車両であるバックホウを代行運転させ、2002年12月に発表した。本研究開発では、本田技研工業よりHRPに提供されたヒューマノイドロボットHRP-1の制御ソフトウェアを、産総研で開発した全身動作制御ソフトウェアに入れ替えたヒューマノイドロボットHRP-1Sを用いた。HRP-1Sは、身長160cm、体重約116kgであり、合計30自由度を有するヒューマノイドロボットである。東急建設が開発した保護ウェアをHRP-1Sに着せ、川崎重工が開発した可搬型遠隔操作システムによりHRP-1Sを遠隔操作することにより、雨天も含めた屋外でのバックホウを用いた作業を可能とした。

また、産総研は、NEDO「基盤技術研究促進事業」において、川田工業、川崎重工業とともに、ヒューマノイドロボットHRP-3を研究開発した。HRP-3は、身長160cm、体重68kg、42自由度を有するヒューマノイドロボットで、防塵・防滴機能を備えることで、雨天での屋外作業を保護ウェアなしで行うことができる。遠隔操作

により、高所だったり強風が吹き荒れていたたり、場所によっては非常に危険な橋梁鉄骨のボルト締めを模擬した作業を、人が使う電動ドライバーを用いて実現している。これもヒューマノイドロボットの人間環境適合性を活用した研究開発である。

## 人間協調性に着目した研究開発

少子高齢化が進むにつれ、労働人口の減少が問題となっている。ヒューマノイドロボットは、この問題を解決する鍵となる可能性を秘めている。一般の作業現場における二人作業では、一人が熟練者、もう一人が非熟練者という組合せで、十分に作業を行える場合が多い。このような作業では、熟練者の適切な指示に、非熟練者が従うことにより作業が進行する。

産総研は、川田工業、株式会社安川電機、清水建



写真1 バックホウを遠隔代行運転するヒューマノイドロボットHRP-1S



写真2 電動ドライバーでボルト締めをするHRP-3



写真3 作業員とヒューマノイドロボットHRP-2によるパネルの協調搬送

設株式会社とともに、「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発(HRP)」において、建築現場を想定し、そこで行われる二人作業の非熟練者をヒューマノイドロボットHRP-2に置き換えることにより、ヒューマノイドロボットの人間協調性を活用した応用分野を開拓した。

ヒューマノイドロボットHRP-2は、身長154cm、体重58kg、全身で30自由度を有する二足歩行ヒューマノイドロボットである。ロボット頭部に搭載した3台のカメラによるステレオ視により、物体の位置・姿勢を認識することができる。

実施した協調作業は、作業員(人)が音声により作業指示を与えることにより、ヒューマノイドロボットHRP-2が、自律歩行、外壁パネルの位置の認識、外壁パネルの持ち上げ、作業員との協調搬送および建込みを行うものである。作業員と協調して外壁パネルを搬送する作業では、作業員が外壁パネルにかかる力を、ヒューマノイドロボットHRP-2は、その手首に装着された力覚センサにより検出して、自らの腕を制御するとともに、腕の動きと脚の動きを協調させ、搬送時に発生する外壁パネルの振れを抑制している。

### 汎用性に着目した研究開発

多くの工業製品は、何か特定の作業に用いられるために生み出されるのに対し、人は生まれた時には無限の可能性を持っている。何かの専門性を身につけてプロフェッショナルとなった後も、その仕事のみを行うのではなく、日常生活に必要な家事、職場までの移動等、様々な作業をこなすことができる。

ヒューマノイドロボットも、人と同様に様々な作業を一台のロボットでこなすことが期待される。「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発(HRP)」では、ソフトウェアは違うものの、ほぼ同型のヒューマノイドロボットHRP-1、HRP-1Sを用いて、遠隔操作によりバックホウやフォークリフトの操作を行う「産業車両代行運転」、遠隔操作により介護支援作業を行う「対人サービス」、外出先からロボットの操作を行う「ビルホーム管理サービス」、点検やバルブの開閉を行う「プラント保守」という応用分野が研究され、ヒューマノイドロボットの汎用性を証明した。



写真4 HRP-2が椅子を片付けている様子



写真5 HRP-2が冷蔵庫から飲み物を取り出す様子

産総研では、先に示したように「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発(HRP)」では、ヒューマノイドロボットHRP-2を用いて、パネル搬送等の「屋外共同作業」を実施した。その後、同じヒューマノイドロボットHRP-2を用いて、椅子を片付けたり、飲み物を冷蔵庫から取り出したりできる生活活動支援ヒューマノイドロボットを構築した。これもヒューマノイドロボットの汎用性や人間環境適合性を示す一例である。

### 注目性に着目した研究開発

ここまで、「人間環境適合性」「人間協調性」「汎用性」に着目した研究開発を紹介してきたが、現在のヒューマノイドロボットの能力では、やはりできることが限られており、現場に導入するレベルには、いまだ至っていないのが現状である。そこで、もう一つの魅力である「注目性」を最大限に活かすべく開発したのが、サイバネティックヒューマンHRP-4C未夢である。

サイバネティックヒューマンHRP-4C未夢は、リアルな頭部と日本人青年女性の平均体型を持つヒューマノイドロボットで、身長160cm、体重46kg(2009年の発表当時は身長158cm、体重43kg)、顔の表情を造る8自由度と爪先関節を含め全42自由度を有する。人の動作をモデルにした人に近い動作や、音声認識に基づく応答を実現している。

ただ、いかに魅力的なヒューマノイドロボットを製作しても、それが何をやるのか、つまりヒューマノイドロボットを用いたコンテンツが最終的な魅力を決める。産総研では、ヒューマノイドロボットの動作を簡単に作成できる統合ソフトウェア「Choreonoid」を開発し、サイバネティックヒューマンHRP-4C未夢を用いた多彩なコンテンツを制作可能とするとともに、ロボット研究者以外にもコンテンツ制作の門戸を開いている。これにより、ヒューマノイドロボットにおいても、パソコンやスマートフォンのように、ハードウェア、ソフトウェア、コンテンツの分業を促進し、ヒューマノイドロボットの汎用性を最大限に活かした魅力あるサービスを数多く生み出していきたくと考えている。

事実、サイバネティックヒューマンHRP-4C未夢は、これまでに、MC、ファッションモデル、歌手、女優、ダンサーとして商業現場も含め活躍している。



写真6 サイバネティックヒューマンHRP-4C未夢によるダンスパフォーマンス(デジタルコンテンツEXPO 2010)

### 研究開発の現場では

2011年、東日本大震災を機に生じた東京電力福島第一原子力発電所事故現場では、遠隔操作型の建設機械が数多く働いている。廃炉に向けては、まだまだ長い年月がかかると予想されているが、現時点では、まだ人でなければ行けない、できない作業も多い。原子炉建屋内部は線量も高く作業員の累積被ばくを考えると、それらをロボットで代替したいという期待も高い。これ以外にも、NBC災害では、人の日常生活・作業環境が物理的には破壊されることなく、Nuclear(核物質)、Biological(細菌、ウイルス)、Chemical(化学物質)で汚染されるため、人間環境適合性の観点からも、きちんと作業ができれば、ヒューマノイドロボットが最も適した形態となろう。

米国では、「DARPA Robotics Challenge」と称するヒューマノイドロボットによって災害対応を行う研究開発プロジェクトが行われている。産総研でも、ヒューマノイドロボットの有する人間環境適合性、人間協調性、汎用性といった特徴を活かし、災害現場で人に代わって働くことのできる災害対応ヒューマノイドロボットの研究開発を進めていく所存である。

#### <参考URL>

- 1) 働く人間型ロボットが「屋外での産業車両代行運転」に成功  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2002/pr20021219\\_2/pr20021219\\_2.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2002/pr20021219_2/pr20021219_2.html)
- 2) 人間と人間型ロボットの共同作業の実現  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2003/pr20030226/pr20030226\\_3.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2003/pr20030226/pr20030226_3.html)
- 3) 実環境で働く人間型ロボット:HRP-3 Promet Mk-IIを開発  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2007/pr20070621/pr20070621.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2007/pr20070621/pr20070621.html)
- 4) 生活活動支援ヒューマノイドロボットプラットフォームを開発  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2006/pr20060123/pr20060123.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2006/pr20060123/pr20060123.html)
- 5) 人間に近い外観と動作性能を備えたロボットの開発に成功  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2006/pr20060123/pr20060123.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2006/pr20060123/pr20060123.html)
- 6) 人間型ロボットの動作を簡単に作成できる統合ソフトウェアを開発  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2010/pr20101016/pr20101016.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2010/pr20101016/pr20101016.html)