1 人間と共生するロボットの実現へ向けて

正会員 橋本周司[†]

キーワード 人間共存ロボット、ヒューマノイド、ペットロボット、サービスロボット、人間ロボットコミュニケーション

1. ま え が き

第2次産業に使用されてきたロボットを第3次産業に利用するという動きが活発になってきた。人間に直接サービスするロボットには、従来の産業用とは異なったタイプの技術が必要となる。我々の身体のサイズ、機構および機能に合わせて作られた生活環境において人間と共に行動するには、ロボットがそれに適した形態と機構を持つばかりでなく、人間との間に高度な意志の疎通が不可欠となる。これを実現する一つの方法は、より人間に近い思考形態と行動形態をロボットに持たせることである。まず、人間環境に整合させるためにできるだけ人間や家庭で飼われてきた動物と同じ形態と機能にするという機構上の課題に加えて、人間との接触を前提とした安全性と動作の柔軟性の確保という制御上の課題がある。さらに、キーボードやスイッチなどによらず、音声、画像、触覚などのチャネルによるマルチモーダルインタフェースの開発と、観察や必要ならば質問をして使用者の意図を汲み取る自発的コミュニケーションを実現する能動的な思考機能の開発が課題である。人間同士の対話の場合は、ジェスチャーや顔の表情によって、言語化し難い情報が伝わる。したがって、ロボットがこれらを理解し、人間と同じように自己表現できることは、人間とロボットの円滑な協調に有益であると考えられる。したがって、次世代ロボットは、従来の自動作業機械というよりも身体を持った計算機としての側面を強く持つことになる。また、このような情報機械システムの研究は、ソフトウェア主体の従来の人工知能に対して、実世界で行動する新しいタイプの人工知能への発展も期待される¹⁾²⁾。

2. 人間共生ロボット研究の歴史と現状

産業用ではないロボットの原型は、オルゴール製造技術に基づくヨーロッパのオートマタ(自動人形)であり、スイスのヌシャテル湖畔の博物館で現在も動いているジャケドロス父子の「オルガンを弾く少女」や「自動書記」は有名である。また、我が国でもほぼ同時期に細川頼直の機巧図彙

図1 WABOT-1

(からくりずい)に出てくる「茶運び人形」に代表されるからくり人形など、人間を楽しませるロボットの原型が数多く登場している。研究レベルでの人間型ロボットの開発は1960～70年代に入ってから始まった。1966年にジェネラル・エレクトリック社が外骨格型人間パワーアシスト機械ハーディマンを開発した。これは研究レベルで人間の全身のメカニズムを再現しようとした最初の例である。これは操縦型ロボットであったが、1970年代後半に入るとディズニランドのオーディオアニマトロニクスとよばれる一種のプレイバック型ともいえる人間型ロボットも登場した。

一方、人間型知能ロボットの最初の例は、1972年に早稲田大学の加藤らのグループが開発したWABOT-1である(図1)³⁾。WABOT-1は、手足の機械システム、視覚認識システム、音声対話システムから構成されており、人間と簡単な対話を行い、2眼視による単純背景中の特定物体の認識と位置の測定結果に基づいて、触覚を有する両手で物体を把握し、二足静歩行による移動を行うことができた。このグループは1984年に、日本語でかなり自然な会話を行い、

[†]早稲田大学 ヒューマノイド研究所
"Toward the Human-robot Cohabitation" by Shuji Hashimoto (Humanoid Robotics Institute, Waseda University, Tokyo)

図2 WABOT-2

楽譜を目で認識し、両手・両足で電子オルガンを演奏するWABOT-2(図2)を開発した⁴⁾。最近のエンタテインメントロボットの原型といってよいであろう。WABOT-2に歩行移動機能はなかったが、同時期に動歩行システムも開発している⁵⁾。

1990年代後半には、早稲田大学、東京大学を始めとして、いくつかの研究機関がヒューマノイド研究をスタートさせている。国外でも、例えば、アメリカMIT人工知能研究所のRodney Brooksらは、人間並みの知能の実現をするのは、人間に近い身体を備えていることが望ましいという考えに基づいて、主として知能の創発に関する研究でヒューマノイドを取り上げている⁶⁾。

企業については、主として二足歩行の実用化可能性への疑問から、ヒューマノイドロボット開発の表立った動きはなかったが、1996年に、本田技術研究所が人間並みの歩行速度を持ち、階段昇降や不整地歩行が可能な二足のヒューマノイドを発表し衝撃を与えた⁷⁾。このロボットを一つのベースに旧通産省の応用産業技術プロジェクトが1998年に開始され、実ロボット、遠隔操縦、シミュレータなどのプラットフォームの基盤技術研究が急速に推進されており、現在は応用研究の段階にある⁸⁾。また、ソニーではペットロボットAIBOの販売を1999年に開始したが、2000年には小型ヒューマノイドSDRを公開し、本田とともに企業における次世代ロボット開発の先駆けとなった⁹⁾。現在では、人間型ロボットの研究開発と同時に、家電メーカーを中心にペット型ロボットの開発が行われており、掃除など家庭内の軽作業あるいは高齢者介護を目的としたサービスロボットの発表も相次いでいる。

3. 次世代ロボットの用途

最近の非産業用ロボットの用途はどのようなところにあるのであろうか。従来のロボットは、作業機械として人間の労働を代行するものであった。次世代ロボットの第1の目的である人間との共同作業はこの延長上にあるが、工場での作業ロボットに比べて、人間との相互作用がはるかに密に行われる。定型的なコマンドにしたがって作業するのではなく、相手の人間に応じた柔軟な行動の変更が必要なためである。ロボットにとって人間は、極めて情緒的で再現性のない非定常な環境である。したがって、ロボットは、環境を観察して状況を理解する情報機械としての人間を模倣したものにならざるを得ないのである。

次世代ロボットの第2の用途として、情報端末としてのロボットの利用が考えられる。現在のコンピュータ端末は、グラフィックスとポインティングデバイスによるGUIが主流となっているが、ネットワークにロボットを接続して、画像、音声、表情、身振り、触覚など人間のあらゆる知覚チャネルを使って、情報を引き出したり計算機を使ったりするのである。そこでは、ロボットの手を握ること、楽しそうに話すこと、画像を見せること、などが計算機システムへの入力であり、ロボットの仕草、ロボットの表情、ロボットが我々の肩をたたくこと、などが計算機の出力である。すでにホームネットワークのコンソールとしての試作が行われているが、人間と対話する能力さえあれば誰でもネットワーク資源が利用できる、ということが最終目標となる。

また、センサとアクチュエータの集合体として、ロボットの第3の用途が考えられる。ロボットは多くのセンサを装備した動く情報収集システムであるから、人間型でなくとも環境を自律的に動き回ることにより情報収集を能動的に行うことができる。災害時や深海、原子力施設など極限環境下でのロボットの利用は大いに期待されており、いろいろな試みがあるが、高機能なダミー人形として、介護・救命の医療訓練、自動車事故の人身被害実験など人間のシミュレータとして多くの用途がある。

さらに、新しいメディアとしてロボットを考えることができる。オーディオビジュアルのマルチメディアでは伝え切れない情報のやり取りが、物理的な身体を持つロボットには可能である。本特集で解説されている「癒し機械」としてのロボットも新しいメディアということができよう。現在、開発されているペット型ロボットの多くは実際の作業を行うには不十分であるが、ユーザとのインタラクションによって感性的な満足感を与えるにはある程度の有効性がある。また、現在のコンピュータゲームに比べて身体を持ったゲームメディアとしてのロボットの可能性は非常に大きい。

4. ロボットの利用方法

産業用ロボットではプレイバックあるいはプリプログラム方式が主流を占めていたが、ロボットあるいはロボット技術の将来の使い方を考えると三つの方向性がある。

第一は遠隔操縦型である。現在の多くのロボットは、ほとんどが遠隔操縦型であって原子炉の中などでの極限作業や外科手術などでは非常に役に立つし、これを使ってゲームをすることもできるかも知れない。遠隔操縦型の重要点は最終的な判断が人間によって行われるということである。誰でも操縦操作ができるようにするというインタフェースの問題を除けば、基本的には自動車の操縦と同じであるから、もっとも実現しやすいものである。また、万が一の事故の際にも責任の所在がはっきりしており法律上の問題も少ない。ただし、微妙な作業の場合、遠隔操縦では伝送路遅延の問題は深刻であり、実際にはある程度の自律性が要求されることになると思われる。

第二は、ロボットが自分で行動を決定する自律型の実現である。ロボット技術者の夢はやはり鉄腕アトムであろうが、人間あるいは気の利いたペット並の知能と行動制御が可能になるにはしばらく時間が必要であると思われる。そういう意味では、作業的には役に立たなくてもよく、故障などがあっても大きな事故につながらない小型のペットロボットが自律型として出てきているのは、もっともなことである。当分はペット、エンタテインメントとしての利用が主流となるであろう。自律型ロボットについては、事故責任、安全基準などの法律上の問題と社会倫理的な議論が必要となる。そのためには、技術的に何ができて、何ができないかということをはっきりさせると同時に、自律型ロボットという新しいタイプの機械の設計論を確立しなければならない。具体的な議論を詰めるには、今は時期尚早である。

第三は、環境のロボット化である。ロボット技術が一般の個人の生活環境を生成するものであり、つまり、センサやアクチュエータが装備された家という居心地のよいロボットの体内で生活するのである。このような住空間の整備は元来は建築家の仕事であるが、人間共存ロボットあるいは自動車のITSなどと共通する技術的基盤にたつところも多い。コストの問題はあるが、住宅の場合システムが占めるスペースや重量に余裕があり、エネルギー源についても柔軟性があるので、ロボットや車に比べて同じ機能ならば早期に実現できると思われる。現在は情報技術が中心であるが、ロボットのメカトロ技術を都市設計に適用すれば、高齢者も含めて誰でもが安全で快適な社会活動が営めるロボット化環境インフラの構築が可能である。また、自律型ロボットに比べて実現上の法的な問題も少ない。

5. む す び

技術的な解説は他章に譲って、ヒトと共生する次世代ロボットの可能性について述べた。ロボットは、機械、制御、材料、情報、電気など多くの工学の総合である。特に人間型ロボットの技術開発は、これからの人間中心のシステム造りにおける波及効果も大きい。しかしながら、実際にロボットを製作してみると、アクチュエータ、センサ、機体材料などまだまだ不十分なものが多くあり、我々が作りたいロボットが作れるようになるには、関連分野の総合的な発展が必要である。ロボットが工場から出て家庭にやってくる状況は、まずはペットロボットから始まっているが、より人間の生活に密着した働きをするロボットの実現を考えると、技術的な問題ばかりでなく、人間の心理的な影響や法整備などの社会的な課題もある。技術者もこれらについて考えると同時に、技術の現状をできるだけ広く公開して、より良い解を探すための議論の機会をつくることが重要である。

(2002年11月6日受付)

〔文 献〕

- 1) 橋本ほか, “ヒューマノイド-人間形高度情報処理ロボット”, 情報学, 38, 11, pp.959-969 (1997)
- 2) 早稲田大学ヒューマノイドプロジェクト編, “人間型ロボットの話”, 日刊工業新聞社 (1999)
- 3) 加藤ほか: “WABOT-1の開発”, バイオメカニズム2, 東大出版会 (1973)
- 4) 加藤ほか: “鍵盤楽器演奏ロボット “WABOT-2” (WWAseda roBOT)”, 日本ロボット学誌, 3, 4 (1985)
- 5) 高西ほか: “二足歩行ロボットWL-10RDによる動歩行の実現”, 日本ロボット学誌, 3, 4 (1985)
- 6) Brooks, R.A.: “Prospects for Human Level Intelligence for Humanoid Robots”, Proc. 1st Symposium on Humanoid Robots (1996)
- 7) Hirai, K.: “Current and Future Perspective of Honda Humanoid Robot”, IROS'07, IEEE/RSJ, pp.500-509
- 8) H.Inoue et al.: “HRP: Humanoid Robotics Project of MITI”, Proc. Humanoids2000 (2000)
- 9) M.Fujita and H.Kitano: “Development of an Autonomous Quadruped Robot for Robot Entertainment”, Autonomous Robots, Kluwer Academic Publishers, 5, pp.7-8 (1998)

橋本 周司

1970年, 早稲田大学理工学部応用物理学卒業。東邦大学講師, 助教授, 早稲田大学助教授を経て, 1993年~現在まで, 早稲田大学理工学部教授。また, 2000年より, 早稲田大学ヒューマノイド研究所所長。確率過程の応用, 画像処理, ロボティクス, 音楽情報処理などの研究を通して, 人間共存ロボット, メタアルゴリズム, 感性情報処理, ヒューマンインタフェースに興味を持つ。主な著書, 「仮想音楽空間」, 「人間型ロボットのはなし」, 「岩波講座マルチメディア情報学第1巻」など(いずれも共著)。工学博士。正会員。