ヒューマノイドロボット

—人間と機械の新しい関係を目指して—

講演日：2001年5月27日

場所：機械振興会館ホール

橋 本 周 司†

1. コンピュータの発達とインタフェース

今日は、ヒューマノイドロボット、人間と機械の新しい関係を目指してというタイトルでお話をさせていただきます。

「人間中心」とか、「人に優しい」というようなことが言われていますが、そういうことを突き詰めていって、どんなことがあるのかというのが、私の興味の主題であります。人間と機械、あるいは最近では機械にはほとんどコンピュータがついていますので、人間とコンピュータの関係をどうやって改善するかというインタフェースの問題が重要です。

普通、ロボットといいますが、何か作業をさせるということになっています。しかし、人間とコンピュータシステムとか、あるいは人間とネットワーク、そういうものとの間を取り持つものとしてロボットを考えたいということも我々のプロジェクトの1つの目標になっています。2, 3枚、少し古い画像をお見せしますが、17世紀ぐらいから、機械を使って計算を代行させようという動きがありました。歯車が何回回ったかで計算をする機械です。それを電子化し、電子の動きで計算しようというのが電子計算機です。その最初のものが、このENIACという機械で、1946年にできました。この機械は真空管が1万8千本も使われていて、この部屋(300人収容のホール)よりも広い部屋に置いてあって、1秒間に5,000回も足し算ができました。機械式に比べると非常に能力が高いものでしたが、これ以降、電子計算機は、非常に速く発達しました。

その進歩の過程で、コンピュータに対する考え方あるいは使い方というものも大分変わってきております。例えば、部屋いっぱいだったものが、今ではリビングルームに置くのにちょうどいいデザインになっているとか、家庭の中にコンピュータが入ってくる時代になってまいりました。

その過程で、計算する力が非常にパワーアップして、だんだん考える力というのをコンピュータの中に求めることになってまいりました。知能らしきものを持った機械をつくるというのが、いわゆる人工知能研究者の夢となつて、もう久しいわけですが、ここでいう知能というのは、論理判断をするための知能です。ですから、データ

がいくつも蓄えられていて、三段論法で、一見離れているような原因と結論の間を結びつけることが可能になってきています。また、最近では、知能だけではなくて、感情らしきものを持った機械をつくらうということで、感性情報処理という言葉が定着してまいりました。

実は私どものロボット研究の始まりは、人間みたいなものをつくってみようということで始まりました。そういう歴史的なこともあとでご紹介したいと思います。

2. インタフェースの変遷

人間が機械システムに対して、何かコマンドを発して動かすための命令の与え方も、だんだんと高度化しております(図1)。

最初は、コマンド型の命令で「前へ進め」とか、「止まれ」とか、そういう論理的な命令を与えることが普通でした。さらに、次の段階は、その命令が数量化されました。例えば、「1m前へ進め」などという数値付きのコマンドです。

その次に考えられるのが、「少し前へ進め」とか、「強く挟め」というような、数値を明示しないで、程度を与えるという命令です。これは、少し人間的ではありますが、技術的には、「少し」というものを数量化するテーブルみたいなものをコンピュータの中に持っていれば、今までの技術の延長線上でできます。

さらに、最近では、もともと数値化できないような命令の与え方、「きれいに塗れ」とか、「優しくつかめ」というような、いわゆる程度を与えるのとはちょっと違う命令も研究

図1 システムへの入力の変化

†早稲田大学 ヒューマノイド研究所

"Humanized Robot" by Shuji Hashimoto (Department of Applied Physics, Waseda University, Tokyo)

表1 インタフェースの変遷

階層	メディア・道具	入力	分野	ユーザ
物理レベル	操作盤	アクション	プラント制御	技術職
	ランプ、スイッチ		信号処理	研究職
論理レベル	キーボード、ディスプレイ	コマンド	記号処理 会計計算	技術職 事務職
GUI	マウス、ディスプレイ	ポインティング	ゲーム アート	素人 子供
PostGUI	音響、スケッチ、表情、仕草	感性情報 論理情報	生活全般	素人、子供 高齢者 身障者

の対象になってきています。これは人間同士のコミュニケーションでは非常によく出てくる命令です。それを機械システムが実行に移せないかというようなことが、いわゆる感性に関わる情報処理として重要な問題となります。

このような感性にかかわるインタフェースをつくっていききたいということが、ロボットを通して、私たちが今考えていることです。

当初、機械システムのインタフェースは操作盤やスイッチでしたが、コンピュータの登場によって、キーボードでコマンドを言語的に与えることができるようになりました。

今では、いわゆるグラフィカル・ユーザインタフェースという、ディスプレイ画面にメニューが出てきて、マウスで適当にポインティングすると、何か命令を実行してくれます。今のGUIを使っていて私が欠点と思っているのは、システム設計者が想定した範囲外のことは絶対できないようになっていくということです。要するに、ただ示されたメニューを選ぶのではなくて、ユーザが自由に表現できるようなインタフェースをつくるのが、ポストGUIの1つの目標ではないかと思っております。同時に、そのために難しくなっているのは困るわけで、そういうシステムを使うときに必要な基本的な知識をなるべく小さくすることも大目標です。GUIの次のインタフェースは、つまり、人間とコミュニケーションをとることができる、人間と話し合いができるような能力さえあれば、機械を使いこなせるという、そういうものであると考えております。

表1のように、インタフェースの進化はアプリケーションの分野とユーザを拡大する、と言っていいと思います。

図2 計算機指揮システム

今のGUIは、子供たちが使えるというところまで来ておりますが、少し頭が固くなってきた人には、まだまだ使いにくいところがある。それをどうやってクリアしていくかということが問題です。そういうインタフェースができれば、物の生産に始まったシステムが、生活全般に対して役に立つようになるんじゃないかと考えています。

3. ポストGUI

ここで、機械システムと人間との間の新しいインタフェースの例として計算機指揮システム(図2)を紹介します。これは、機械系のカメラが指揮者の指揮棒の動きを見ております。その指揮棒の動きに従ったテンポで、オーケストラ部分の演奏をコンピュータが発生している。右手のグローブで、もう少し細かいニュアンスをシステムに伝える。先ほどの「優しく」というようなことが伝わるわけではないのですが、ある程度、細かい演奏意図が伝わるようなシステムを実現しています。

大事なことは、こういう動作はもともと指揮者が人間の演奏家に対して指示するのと同じ言語ですから、コンピュータシステムのオーケストラと、人間の演奏家が同じ人間の指揮者のもとの協奏することができるという意味で、新しいインタフェースの一例になるだろうと思っています。

また、次の映像は、自分が歌うのに合わせて伴奏が出てくるというアダプティブ・カラオケです。人間の伴奏者と歌い手がコミュニケーションをとるときには、特別に言葉で何かを指示するのではなくて、歌っている声の中にコマンドが入っているということになります。このシステムは、この歌声伴奏に特化したインタフェースの例です。音程の認識をリアルタイムで行い楽譜と照合します。歌詞認識も行いたいのですがリアルタイムにするために母音だけを認識するというようにして、システムが覚えている歌詞の母音列と照合します。そして、両者の照合結果から歌手の演奏テンポの予測を行って、次の拍点に対応する伴奏を生成するというをやっております。

音楽というのは、論理的に記述できる一方で感性的な要素が強いものですから、論理的な情報処理手法を、感性的な行為の中にどうやって持ち込むかという感性情報処理の良い例題になります。さらに、もう少し一般的なインタフェースの中にこれに類することが導入できないかと考えて

図3 次世代インタフェース

図4 ポストGUIの可能性

います。私たちが目指す次のインタフェースというのは、人間のような機械です(図3)。自然言語で対話できる、ジェスチャーもわかる、表情もわかる、スキンシップでもコミュニケーションがとれる、というようなことを考えていきたいと思っています。

特にスキンシップというのは、手と手が握り合う場合を考えても分かる通り、入力と出力がまったく同じ面になるということで、面白いことがたくさんあります。

現在、ポストGUIという形で、新しいインタフェースを持ったコンピュータシステムがいろいろ研究され、発表されております。大きく分けますと、それは4つに分けることができるかと思います(図4)。

1つは、いわゆるモバイル・コンピューティングで、コンピュータを着るという概念で、コンピュータメカではかなりのところまで研究が進んでいます。これは、我々が生活する空間にコンピュータを持ち込もうという考え方で、そうしますと、生活する行為をしながらコンピュータを使うという意味で、従来のインタフェースではちょっと不十分だということもありますし、重さも軽くしなくちゃいけないとか、いろいろな技術課題があります。

第2は、人工現実感型のインタフェースというものもあるかと思います。これは、コンピュータのつくったサイバー世界の中に人間が入っていくということで、仮想的な世界をつくって、人間を包み込むという形のインタフェースです。これも、モバイルインタフェースとはちょっと違った意味で、新しいタイプのインタフェースとして、コンピュータそのもののアプリケーションが非常に広がる要因になるだろうと思っています。

さらに第3として、サイボーグ型のインタフェースとい

うのも考えられます。日本ではこういう研究は余り多くはないですが、人間に電極をあてて直に情報のやりとりをしようなどということも行われています。将来はこういうことも可能になってくるだろうと思います。

最後の第4が、私たちがやっているヒューマノイド型のインタフェースです。要するに、ロボットを情報端末として使うという形のインタフェースで、コンピュータに体を持たせることによって、人間とコミュニケーションができる人であれば、だれでも使えるインタフェースをつくりたいということが、私たちの目的です。

ロボットというのは、頭脳を持つことにより、機械が指令を受けて行動ができるようになったということで、「生き物もどき」という傾向が非常に強いわけであり、産業用ロボットは、「生き物もどき」というよりは、労働を代行するために働くツールですが、私たちは、自分で判断して行動する自律を目指しています。そのためには、機械系プラス知能系が必要となり、人工生命という言葉は違う分野で使われておりますが、ロボットはもともとそういうことを目標にしているところがあります。

4. 人間共生ロボット

今、ロボット研究では、人間と共生するロボットということが、1つのテーマになっています。共生の中にはコミュニケーションもありますし、物を一緒に運ぶなどの共同作業もあります。従来のロボットというのは、産業用として使われていて、それはロボットのいる場所と人間のいる場所がはっきり分かれていました。ロボットが作業するような生産ラインをもともと設計段階から作ってあるということが大きな特徴です。ところが、今、私たちが考えている人間と共生するロボットというのは、人間の生活する空間にいますから、人間の場所との境目が無いということになります。また、なぜ人間型が良いのかということ和平たく考えますと、こういう我々がいる空間というのは、我々の身体の大きさと形と機能に合わせて最適に設計されている。その中に機械を持ち込もうとしますと、やはり人間に似た形のものが一番フィットするだろうというのが、一番自然な考え方です。それから、使う人が専門家ではないということで、インタフェースの問題は非常に重要な問題になります。機械と人間がどうやってコミュニケーションをとるか、新たな人間と機械の関係を構築する上での技術的な課題になってきたわけです。

ロボットの話をすると、子供たちは初めからこういう人間に似たタイプのロボットを想像します。その辺にいわゆるエンシニアとのギャップがあります。そういう意味では、我々が子供のころに思っていたロボットをつくろうということが、今やっと可能になってきたということが言えるかと思います。実際には、自動機械という意味では、17～18世紀ぐらいから、こういうタイプの人形、動く人形という

のがたくさん作られています 日本でも同じころ(江戸時代)からカラクリ人形というのがありまして、人間みたいに自動的に動くというものはつくられていました。ただ、自律的でないというところが大きな違いでした

完全自律とはいえませんが、産業用ロボットでも人間の格好とは大分違いますが、かなり知能を備えて、判断できるようなロボットが、もう工場で動いております。これと、先ほどの夢とをどうつなぐかということが課題となり、作業も、工場で勝手に働くのではなくて、人間と一緒に家庭の中で働くということ。いわゆる第2次産業にいたロボットを、第3次産業の中にどうやって持ち込むか。サービス、介護、娯楽、あるいはペットとか、そういう仕事でロボットをどう使っていくかということは、大きな問題になります。

機械やコンピュータについて何の知識もない人たちの中にロボットを入れるというのは、非常に危険を伴います。また、その人たちを相手にして、何か失敗したときにどうするか、というエラーリカバリーが重要な問題になってまいります。例えば、立花隆さんが見学に来て、デモをしていたときに、私たちのロボットが、物を掴み損なって落としてしまったことがありました。最初からやり直しかないとしたら、ロボットが、少したったら、「落としちゃったから拾ってください」と頼んだわけです。そういうエラーリカバリーのシークエンスの中で、相手になっている人をロボットがどうやって使いこなすかという、そういう問題も新しい問題として出てきます。何があってもその場を切り抜けるという能力をどうやって埋め込むかという問題です。

それから、もう1つ大事な問題は、安全性に関する考え方が、従来のロボットとは大分変えなくてはいけないということです。つまり、人間同士がすれ違うときにちょっと肩が触れるという程度のことは、しばしば起きるわけがあります。それをどうやって柔軟に対処できるようにするかという問題も出てくる。そういう意味で、顔と体を持った機械として、産業用とは違うロボットを考えなくてはいけないということになってまいります

5. 最近のロボット

ここ数年、そういうタイプのロボットを目指した研究がいろんなところで始まっております。例えば本田技研がつくったロボットやソニーの犬型ロボットがあります。またMITのCogというロボットは、歩いたり移動したりはできないんですが、新しいタイプの知能、非常に面白いロボットが中に入っているということで、この分野では有名なロボットです。

昨年、横浜でロボットの展覧会が開催され、いろんなロボットが公開されました。こういうロボットは、従来のものとは違って、共通して言えることは、そのままではほとんど何の役にも立たない、ということです。そういうロボ

ットがたくさん展示されて、期待されているわけです。ここ数年の間に、何か本当に期待にこたえるものが出てこない、この分野はクノとしぼんでしまうんじゃないかという、そういう危惧さえ覚えるぐらいに期待が高まってまいりました。このようなロボットをつくっていくときには、いろんな技術が総合して働かないといけないということで、我々のプロジェクトを組上げるときに、アメリカのアポロ計画に近いぐらいの総合技術を結集しなくてはならないと考えました。例えば、シーンの中で人を見つけるというのも、一般環境で見つけなくてはいけないということになりますと、人間と同じように、パラレルにいろんな手がかりをつかむようなシステムを作っていかなければいけないということになってきます。人物の追跡に関しても、動くものを静止した背景の中で見つけるのは、そんなに難しいことではないわけですが、ロボットになりますと、自分が動きますので、動くものの中で動くものを見つけることが重要になってきます。

また、人間とコミュニケーションをとる場合でも、情報のやりとりとしては、言語によるコミュニケーションというのは重要ですが、そのときに、単に文章が行って文章が返ってくるというのは、人間のコミュニケーションとしては非常に不十分です。例えば話をしているときにちゃんと聞いてくれているかというのは、目で判断するとか、だれに話しているのかということは、もう少し、音以外の情報も入れて考えなくてはいけないという、そういう問題もあります。

6. 早稲田大学のヒューマノイド研究

このようなことに今、取り組んでいます。私たちのプロジェクトの大本とは、30年前にさかのぼります。私はまだ学生でしたが、機械工学の加藤一郎先生がロボットの研究を指導していました。2本足で歩くシステムができたということで、それを使って人間みたいなロボットをつくってみたいということが始まりです。そのときに、機械は専門だけれども、画像処理は自分ではできない。音声はとても手が回らないということで、理工学部の中のそれぞれの専門の先生に呼びかけられてプロジェクトをつくったのが、今のプロジェクトの始まりです。私たちのグループは機械系と情報系の両方のグループが混じって仕事をしているというようなところが初めからありまして、非常にユニークな形でした

このグループでは、約10年ごとに何か新しい統合システムをつくってきました。これは加藤先生が、10年位たつと、それぞれ進歩したから、また一緒にやろうよということで、縦割りの非常に厳しい学科構成の中で、それを超えたプロジェクトを適宜組織してきたからです。そして、1992年にヒューマノイドプロジェクトという今の体制ができ上がりました。それでいろんなロボットをつくって

図5 WABOT-1

図6 WABOT-2

きたというわけです。

図5は最初の2本足のロボットWABOT-1です。フルサイズで、目があって、耳があって、しゃべって人間とある程度対話をして、何か実行するという意味では、世界で初めての人間型ロボットです。

これは胴体にテレビカメラが2つ搭載してありまして、それでステレオ視をします。音声は単語1つ1つをきっちり区切って言わないとわかってくれな。そういう意味で非常にプリミティブですが、30年前にしてはよくできたロボットだろうと思います。また、2本足で歩くと言いましたが、スタティックにバランスをとるという制御ですので、1歩に何十秒もかかるという、歩いたと言えるかどうか

図7 Hadaly-2

からないような歩き方でした。

このロボットをつくった当時は、私はまだ学生でしたが、いろんな反応がありました。1つは、何もこんなに苦労して2本足で歩く必要はないだろう。車で動けば十分に事足りるんだというようなこともありました。あるいは「大学だからできるんですね」というような反応もありました。

それが、今は立派な企業がこういうものを作るという時代になってきたわけで、非常に違いがあります。当時、加藤先生が言われたことは、役立つものをつくるというよりは、人間みたいなものをつくってみて、人間とは何かということを理解することが大きな目標だということです。作ることによって理解する、というエンジニアリングの立場で人間研究をしたと言っていいかと思います。

さらに、約10年後につくばの科学博で展示したロボットWABOT-2(図6)を作りました。楽譜を読み取り、自分で運指を考えて、10本の指と2本の足でキーボードを演奏するというロボットです。これは、科学博の開会式のときにN響と共演しましたが、感性的な要素とかというのはまだ考える余裕もなかったですから、ロボットが演奏を始めたら、N響に合わせて演奏してくれるというタイプの協奏でした。

ここまでの流れを見て、10年間で大きく変わっているのは、最初のロボットのときは、制御が大きな問題になっていました。もちろん、この音楽演奏ロボットも制御というのは非常に重要な問題としてあるのですが、どちらかというと人工知能的な要素が強くなってきていたというのが、わかります。

そのあとに、今のプロジェクトが、その10年後に始まったわけですが、制御と人工知能に加えて、人間の情緒的な要素をどうやってロボットの中に埋め込むかということが、さらに課題として入ってきているというところが、大

図8 WABIAN

きな違いです。

図7は、1997年に総合システムとして製作したHadaly-2というロボットです。このロボットの顔の部分を担当したのは、高西先生のグループですが、ただ、見たいところに首が向くだけではなくて、少し人間臭い動きをするようになっています。まぶたを持っているとか、眼球が先に動いて、次に首が動いて、首が回ってきたときに、また眼球が正対した方向に戻るといふ、そういう反射系を組むことによって、人間に近い動きをすることができるようになりました。

腕のところは、非常に軟らかい関節系でつくってあります。これは菅野先生のグループで作りましたが、人間が手を握って振りますと、プログラム化されて振るのではなくて、人間の手の振りの力に応じて関節が回るといふ、軟らかさを持っています。さらに、私のグループで担当した視覚系は、双眼の小さいカメラで見ておりまして、人間を検知するときに、音がして、画像が動いているあたりを中心的に見るといふことで、人が何人いても、だれが話しているのかわかるようにあります。ある程度アイコンタクトで話をしているようなつもりになれるということになります。

音声関係は白井先生と小林先生のグループで作りました。数千単語の連続音声の認識ができるようになっています。それを使ってコマンドをやりとりしながら、物を見つけて、それをつかむ。つかんだ結果を、また目で認識するとか、人間がやっているのと同じようなことを、非常にまどろっこしいんですが、全部やらせてみたわけです。

同じ1997年に、2足歩行ロボットWABIAN(図8)を作りました。ちょうど本田技研さんが2足歩行のロボットを発表したのと同じころであります。2本足で歩く機構は大部分前にできていたのですが、上体まで付けたのはこのときが最初でした。本田技研さんのは非常に格好がいいので、同じ

図9 能動的視覚ロボットSANNY

ことをするのだけではなく、ダンスをさせようと考えました。歩き方が大分違って上体を振ることができますから、ダンスをさせるには非常に都合が良かったわけです。このロボットの機械系は高西グループが製作し、成田先生をはじめとする情報系のグループがジェスチャ認識やダンスのテンポ制御およびネットワーク接続による遠隔制御などを担当しました。

7. 最近の成果

現在は、それぞれのグループが個別のテーマを持っていますが、例えば、我々は機械がつくれないので、機械の研究室に設計を頼んでつくってもらう。情報処理に関しては、我々がつくったプログラムを使ってもらうとか、そんなことをやって、部分的に統合しながら、各研究室が目指す基盤技術を開発するというフェーズに今あります。

私のグループでは、視覚による環境認識と人間認識の研究を行っています。図9のSANNYはそのためのお釜型のロボットです。カメラを2台積んでいて、未知環境にロボットを置きますと、動き回って、周りの画像を取り込んで、自分でランドマークを定義します。今は色と形が非常に複雑な部分があったら、それをランドマークということにして、そのそばに行くと、いろいろな方向から見た画像を全部取り込んで、画像データベースと環境地図をつくるということをやっております。これができますと、2回目に同じ部屋に来たときには、ちょっと見回すだけで、自分がどこにいて、どの方向に向いているかということが判断できるようになるわけです。

視覚系とは別に、コミュニケーションに力覚や触覚をどう使うかという検討もしています。ロボットハンドを使って、これを電話線につないで、遠隔地の人と握手するということをやってみようということです。また、ロボットを剛体でなくともっと軟らかくしたいと考え、ゴムで腕をつくって、曲がるようにしました。曲がりを歪みゲージでセンシングします。それによって、人間が好きな方向にロボットを引っ張れるという、非常に簡単な制御を行っています。

図10 ビジターロボット

す。逆に、ロボットが人間を引っ張って、つまり、握りによって、ある程度コミュニケーションしながら人間を好きなほうに誘導することもできます。何も知らない人がロボットに「あっちに動いてほしい」と言ったときに、言葉で言っても通じなかった場合に、ロボットの肩をちょっと押せば、そっちを向いてくれるとか、そっちへ寄ってくれるようにしていきたいのです。

また、左右と上下の2自由度のロボットアームを1組つくり、通信回線で接続する実験も行っております。このアームに人間の腕を乗せて動かしますと、通信を介してもう一方のアームをコントロールするというシステムになっています。向こうにも人が手を乗せていれば、遠隔地との間で腕相撲みたいなことが可能になるわけです。また、このような双方向のコミュニケーションにより、人間が手を乗せていない反対側の下のところに、昔のレコードのピックアップみたいなものを埋め込んで、なぞると、接触している面の凸凹を電気信号に直して送り返してくる。それによりこちらの手の下に置いてあるスピーカを駆動することによって、自分が手を動かすと、遠隔地の手が代わりに動いて、さすって、その結果、出てきた凸凹感を感じるといった使い方も実験しました。これで、ヤスリとタオルぐらいの差は区別がつくのですが、絹とウールの差は、ちょっとまだわかりません。

先ほど音楽システムの例を説明しましたが、そういうシステムとロボットをつなぐことによって、MIDIコントロールのロボットをつくることができます。つまり、楽器演奏と同じシグナルでロボットのコントロールをするというふうにいたしまして、演奏を始めますと、音を出すと同時に、演奏データがロボットにも送られます。そしてロボットの

図11 WENDY

振付をしたりして、人間のダンサーとインタラクションしながら、パフォーマンスをする実験もやっております。

同じように、エンタテインメントロボットの研究をイタリアのジェノバ大学と共同で行っています。このロボット(図10)は、ビジターロボットと名付けられ、ジェノバの美術館の中を動き回りながら、周りの景色に応じて音響を生成します。自分で超音波センサによって障害物回避や人が来るとよけることができ、感情モデルを中に持っています。簡単に言いますと、あまり周りに人が集まってくると機嫌が悪くなり、行動形態と、生成される音楽が変わってくるというものです。こういう新しいタイプのオブジェのようなものがどのくらい受け入れられるかというテストをやっております。

菅野グループでは、さらに軟らかい腕を作っております。人間が外から力を加えれば、自由に関節が動く。しかも、動き方が、全身がなるべく統合して動くように、首も一緒に動くとか、そういう仕掛けと統合をやっています。また、あらかじめプログラムして、押されたらどうするということではなくて、力が加わったらどっちへ逃げるといったようなことを、機構上に全部組込むということをやっています。簡単に言いますと、バネの強さが自由に変わる関節を持っています。これらの機構と多数のセンサを持ったロボットWENDY(図11)では、人間のような器用さを実現することを試みており、卵を割ったり、キュウリを包丁で切ることができるようになっていきます。

この他にも、このグループではWAMOBABEというロボットを作って、ロボットによる感情の発現の研究を行っています。これは何をするかというと、ほとんど何もしない。自己保存を第1原理にした制御系が入っています。ですから、たたかれるとか、自分の電源電圧が下がってくるとか、そういうことを見張っています。それによって、気持ちい

図12 情動表出ロボットWE-3RIV

図13 ROBITA

いか悪いかということ、一種の初期的な感情みたいなものをモデル化しているわけです。一応、音声合成も入っているのですが、しゃべることは、自分の名前と、たたかされると、「いてっ、いてっ」と言うだけです。しかし、しゃべり方の中に感情的なニュアンスを含ませるということで、気分のいいときにたたかれても、軽い「いて」なんです。気分の悪いときにたたかされると、本当にいやそうに「いてっ」と言う。感情というものをどうやってロボットの中に埋め込んで、しかもコミュニケーションのときに、ロボットの機械の状態が人間にそれとなくわかるようにするかということをやろうとして、いろいろな所に持っていったのはアンケートを取ったりしております。

高西グループでは、匂いや温度のセンサも持った顔ロボット(図12)による感情表出、機械系による音声合成、フルート演奏ロボット、医学用ロボットなど多くのロボットを開発しておりますが、WABIANを改良した2足歩行系では、いろいろな動きができるようになっています。2足歩行系は、歩くためにたくさんの自由度があります。そのために、いろいろな歩き方ができ、浮かれ歩きたいことや、ちょっとしょぼく歩いて歩くということも可能なわけです。つまり、感情的な表現を行動の中にコードすることも可能だろうという検討をしております。一般にヒューマノイドロボットは、特定の作業をするのには不必要な自由度がたくさん入っていますので、同じ作業をするときに余分の自由度で、何を表現するかということが課題になります。

また、従来の2足歩行系は、あらかじめプログラムされた動きが可能ですが、本当に重要なのは、真っすぐに動いているときに、急に逆転して戻れとか、そういう状況に即応して歩行状態を変えることです。このため、ほぼ実時間でプランニングを切り替えるという研究も行われております。

小林グループでは、ROBITA(図13)というロボットを製作して人間とロボットのマルチモーダル対話の研究を行っています。音声認識と目から入ってくる情報との統合をどうやるかということが課題です。人間の顔の向きを認識するとか、あるいは数人ですが、個人認識が可能であるという、画像処理系と音声認識とを組合せた対話を実現しようと考えています。1人を相手にするのではなくて、2人、3人を相手にした会話をするということが、新しい試みとして行われております。

さらに、ロボットが、うなずくことができるようにしますと、これは機械としては単純なのですが、使う人は安心します。さらに、言われたことに対して、ある程度表情で応答する。使っているロボットは割り箸みたいな眉があるだけですが、これが動くだけで大分、話し手は話しやすくなります。このように人間と話すときに重要な非言語的な要素をロボットとの対話システムに組込もうというわけです。

人間2人の対話にROBITAが加わった場合のデモを見てみると、人同士が話している意味内容がどのくらいわかっているかということ、疑問などころはありますが、キーポイントだけは押さえて、自分の知っていることと違うことが話されたときは、イタラプトをかけるということも可能になっています。

それから、腕を使って方向を指示するということを会話の中で実現しています。人の近くに寄って行って、その人の目線の上で指し示し直すことにより、さらに指示の精度を上げるということも可能になっています。

8. ロボットの将来

以上、主に感性的な要素を持ったロボットを紹介してきました。今のところ、これらを使って何かの役に立つというより、「役に立たなくても良いから側にいて欲しい」、というロボットを当面の目標として進めています。コミュニケーションで言いますと、1時間ぐらい話していても飽きない。しゃべらなくても良いのですが、飽きないということ。また、2度目に会ったときに、前の話の続きができるというようなところが、1つのキーかなと思います。

21世紀に入りますと、さらに汎用性の強いネットワークが出てきたときに、それを使い切れるかどうかという問題があります。コンテンツの問題ではなくて、進歩に付いて行けるユーザと置いて行かれるユーザが出てきたのでは困るということで、ヒューマノイドタイプのロボットをネットワークにつないで、端末として使うという応用が重要となります。田舎のおじいちゃん、おばあちゃんも孫に聞く

図14 夢と現実

ようにロボットに聞けば、ロボットがインターネット上を探索して答えを出してくれるとか、そういうタイプにすれば、いわゆるデジタルデバイドみたいな問題はかなり回避できるのではないかと考えています。また、遠隔操作ではなくて、遠隔代理人的なロボットというものも考えられると思っております。

ロボットがこれからどういうふうに使われるかということを簡単に言いますと、1つは遠隔操縦型です。現在の多くのロボットというのは、ほとんどが遠隔操縦型です。これは極限作業、原子炉の中で何かをやるとかというときには非常に役に立つし、これを使ってゲームをしようということもあるかもしれません。

それから、環境をロボット化するというのも、比較的早く行われるだろうと思います。つまり、家電製品が家庭内ネットワークで全部つながるといふようになりますと、人間はロボット化された家の中で快適に暮らすということが想定されます。また、そのロボット化された家庭の中のホームネットワークのコンソール、いわゆる端末としてロボットが働くことも考えられます。例えば日本電気のR100というロボットはそのような方向を示したものだと思います。

私たちの課題である自律ロボットというのは、上の2つに比べると、実現には少し時間がかかるかもしれないと思っています。そういう意味では、ペットとして出てきているのは、まことにもっともなという気がします。

特に自律型ロボットについては、技術的に何ができて、何ができないかということがはっきりしたところで、事故責任、安全基準などの法的な問題と社会倫理的な議論も必要になるでしょう。具体的な議論を詰めるには、今はちょっと早いかもしれませんが。

それから、先ほどのアイホで面白いのは、何も役に立たないことを承知して、一般の人達が高価なロボットを買っていることです。あのロボットは、ある反応をしたりしなかったりするわけです。やらないと、「ああ、機嫌が悪いんだ」というふうに納得してくれるというのです。こういう機械システムは、今まではありませんでした。ゲーム機もロボットの要素を取り入れることで大きく変わる可能性

があります。体を持ったゲーム機、しかも、基本部分が公開されて、多くのソフトメーカが、ゲームロボットののための、ソフトを作り出すということは、もう夢ではありません。可動部分の多い機械の場合、メンテナンスの問題はありますが、いずれテレビティスプレイとは異なったアウトプットを持つゲーム機が出てくるでしょう。

また、日本は一番早く高齢化が進行しており、介護や看護の大きな問題に直面しています。人にやってほしいけれども、それがどうしてもできないような状況というのが出てくるでしょう。人間共生ロボットの実現は社会的にも期待されていると言ってよいでしょう。

9. 夢と現実

最後に申し上げたいのは、ロボットに限らず技術の進歩が、人間の文化や社会に対してどういう影響を与えるかということを考えていかなければいけないということです。本来人間だけが持っていたいろいろな能力が機械化されることによって、人間そのものの能力と文化が萎縮してしまうというシナリオを考える人もいますし、もっと楽観的に、さらに増強されると考える人もいます。一番ありそうな話は、しほんでしまう人たちと、それをフルに使ってさらに発展しようとする人たちとに、2つに分化されてしまうことだと言われています。

少し前までは、我々の考えた夢と現実との間というのは、かなり差がありました。その差を少しずつ追いかけていくことをやってきたわけですが、ここ数年、特にメディア関係の技術は、夢と、今できていることとの差が非常に縮まってきているというのが現状だと思います(図14)。ある部分では、現実と夢が逆転しているようなところがあるという人もいます。こういうことがあると、一番悪いシナリオに行く可能性が高くなります。ですから、特に子供たちには、今の現実を見て、今まで人が見てきた夢以上の夢を見てもらいたいということをよく言っています。夢と現実の間に何か適正なギャップがないといけない。そのギャップが、今、急に縮まってきているのではないかと考えております。研究としては、夢を実現することを目指しますが、夢はさらにその先を見てももらわないと困るのです。皆様にも、ぜひそういうことを子供たちに言って欲しい、そしてそのヒントを与えてほしいと思っております。

ちょっと長くなりましたが、これで私の話を終わりにしたいと思います。どうもありがとうございました。

橋本 周司 1970年早稲田大学理工学部応用物理学科卒業。東邦大学講師、早稲田大学助教授などを経て、現在、同大学理工学部教授。2000年4月より、早稲田大学ヒューマノイド研究所所長。画像処理、ロボティクス、感性情報処理、ヒューマンインタフェースなどの研究に従事。工学博士。