



Special Interview

ロボット技術は 人に優しく進化する

産総研のロボット

ヒューマノイドロボット

家庭用ロボット

メンタルコミットロボット

恐竜ロボット

モジュールロボット

五感認識ロボット

ロボット最前線

ロボットってなんだろう??



「ロボット、皆さんはこの言葉からどんなイメージを持つでしょうか？」

この数年の間に現れた大型ロボットやヒト型ロボット、各地で開催されるロボットコンテストなど、技術の進歩をいろいろなところで目にします。いまロボットはどんな進化をしようとしているのでしょうか？

少し前まで私たちにとってロボットというと、アニメーションで描かれるヒーローのイメージが大きかったように思います。そして今も私たちが描くロボットのイメージは、「人の形をしていて、人よりも強く賢い、だけど人の持っているもの全てを持っていないわけではない・・・」。

私たちが持っている、そんなロボットのイメージは、かなり昔から人間が持ってきたものなのかも知れません。人間は昔から自分の言っことを聞いて忠実に仕事をしてくれるようなものを求めてきました。農作業を手伝う牛や馬、重い荷物を運ぶ荷車などが、自ら意志を持って人間の手伝いをしてくれたりどんなに楽だろう！そんな機械を作り出そうと考えるようになったとき、「人間に奉仕する自動機械」が「ロボット」だったのです。

ロボットを支える技術



ロボットを支える技術の源流となっているのは、コンピューターの考え方とその発達です。コンピューターが進歩していく中で、人間と機械との共生が考えられました。人間の生活を豊かにしてくれる自動機械です。機械に自然な動きと機能を求めたとき、生物のしくみと動きを手本にして機械を作ろうという考え方が生まれてきました。さらに機械を人間に近づけようとして、機械と情報を一体化したものが考えられました。こうしてロボットはこれまで進化を続けてきたのです。

ロボットは、自動車や船と同じようにひとつのシステムです。さらにロボットは、外界を認識して、その結果に基づいて状況を判断して行動計画をつくり、その計画に従って行動するという認識と行動のシステムなのです。ロボットは人間や他の知的な活動をするシステムとコミュニケーションを行って、それによって得た情報を有効に利用して行動するのです。

こうした活動をするために、ロボットには、認識・知能・行動という3つの要素が必要だといえます。

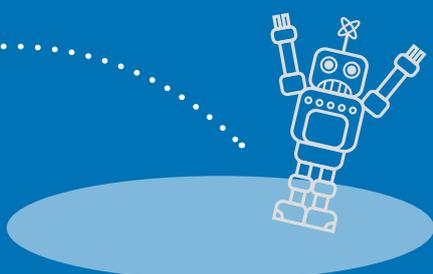
ロボットの活躍する場所



現在、最も多く使用されているのは産業用ロボットです。産業用ロボットとしては、溶接、塗装、組み立てなどを行っている製造用ロボットがよく知られていますが、他にも農業用（無人コンバインなど）、林業用（下草刈り機など）、漁業用（自動イカ釣り機など）をはじめ、さまざまなロボットが存在します。

私たちの日常生活にかかわるところでは、救急用ロボット、防災用ロボット、清掃用ロボット、看護用ロボット、福祉用ロボット、ペット・ロボットなどもあります。この分野のロボットは、解決しなくてはならない問題がまだたくさんあります。これからの研究でより良いロボットが開発され普及していくでしょう。

さらに特殊な分野では、人間が活動できない場所（たとえば、宇宙空間や深海など）で働くロボット、危険を伴う場所（原子力施設や災害現場など）で働くロボットなどもあります。最近注目されているのは、戦争の時に埋められて、危険なままに放置されてしまった地雷を見つけ出して処理をする地雷探知ロボットです。このような平和のための目的に活躍するロボットが現実になってきています。





ロボットの未来は大きく広がっています。現在、製品として確立されているのは、産業用ロボットとエンターテインメント用ロボットがほとんどですが、先にあげたようにいろいろなロボットが社会に求められ誕生しています。今後の次世代型ともいえるさまざまなタイプのロボットの開発へ向けた環境作りが進められています。

「高齢化社会への対応」、「安心で安全な社会の実現」、「便利で豊かな生活」、ロボットが解決できる社会の課題や、ロボットによってかなえられる大きな夢がたくさんあります。産総研でもロボットの研究開発を通して社会に貢献していくことは大切なテーマと考えています。

ロボットはこれからもっともっと私たちの生活に深く関わってくるでしょう。この先どんなロボットが生まれてくるのか考えるとワクワクします。同時に私たちはロボットとのようにして付き合っていけばいいのか、どのようなロボットを作っていけばいいのか、もっとロボットについて学び、考えていく必要があります。

ずっと先の未来まで、ロボットは、いつも私たち人間の味方でなければならないのです。

ロボットの認識機能

ロボットの認識機能には、自分自身の状態を知る機能と、外部の状態を知る機能が必要です。機械であるロボットにとって、自身の状態を知るのはわりと簡単ですが、外部の認識は難しいことです。

外部を認識するにはいくつかの方法があります。まず考えられるのが視覚です。初期に二次元であった視覚機能は、ロボットの進化にともない三次元の必要を生じました。現在のロボットの視覚としては高精度のテレビカメラが使われ、そこで得られた情報をどう処理してどのように利用するかという研究が進められています。

ものを見ただけではそれが重いのか軽いのかという判断はできません。持ってみればそれはすぐにわかります。ものに実際にさわってみて判断するのが触覚です。重さだけでなく、硬さや温度なども判断する、人間の皮膚がもつ感覚のようなセンサーをめざした研究が続けられているところです。外部からの音声を認識して処理する技術はかなり進められていて、雑音の中から必要な音を聞き分ける段階に来ています。さらに、匂いや味など、今後は人間が持つ五感を備えたロボットが将来登場すると考えられます。

ロボットの知能

ロボットの知能の中心になるのは「人工知能」です。人間の知的活動をコンピューターによって実現しようとするものです。発達したコンピューターは人間よりもすぐれた能力を持っている部分もあります。しかし一般的には、ロボットは限られた環境で決まった仕事をするような知能は十分に持っていますが、さまざまに変化する環境の中でその状況を認識して判断し、そこで適切な行動するような能力はありません。ロボットの知能は、まだ人間の子供にもとても及ばないレベルしかないので、よりすぐれたものにするための研究が続けられています。人工知能の目標のひとつは人間の脳ですが、人間とのコミュニケーションの可能性といったことを考えても、ゴールはまだまだ先にあるといえるでしょう。ロボットの知能の拡大、向上はこれからの大きな課題です。

ロボットの活動・移動

人間に代わって、あるいは人間の能力を拡張するような形でロボットが作業や活動をするときに、人間の手(腕)のような動きをする部分が「ロボットアーム」と呼ばれるものです。宇宙空間でスペースシャトルがいろいろな作業をする際、細長いロボットアームが伸び縮みしながら動き回るのをテレビの画面で見たことのある人も多いでしょう。

産業用ロボットの場合には、限られた場所でしか使われないために移動する必要はありませんが、ロボットが多様化して使用される場所がふえていくと、どうしても移動するための機構が必要になってきます。まず思いつくのが、車輪を利用した移動方式です。また、ブルドーザのようなキャタピラーを利用したクローラ走行方式と呼ばれるものもあります。移動の仕方としてはいろいろな方式が考えられ研究されていますが、現在、最も注目されているのが「二足歩行方式」です。人間にとっては日常的な二足歩行ですが、ロボットの二足歩行には非常に高度な制御技術が必要なため、なかなか二足歩行するロボットは実現しませんでした。しかし最近エンターテインメント指向の人型ロボットの登場などで、二足歩行ロボットは急速に身近なものになりました。現在一部のヒューマノイドは「走る」ことも可能にしています。

さらに、さまざまな環境での活動を想定し、昆虫のような多足歩行方式やヘビのような無足歩行方式といったような方式も研究が進められています。



Special
Interview

ロボット技術は 人に優しく進化する

最先端の研究現場にいる産業技術総合研究所のロボット研究者たちは、今何を考え、何を実現しようとしているのでしょうか。人間型ロボットの実用化に挑む横井一さんと、昨年発足したばかりの研究グループで空間型ロボットの開発にあたる大場光太郎さん。お2人に、進化し続けるロボット技術が、私たちの身近な暮らしにどのように関わってくるのか、お話を伺いました。



よこい かすひと
横井 一仁

知能システム研究部門 自律行動制御研究グループ長。工学博士。1986年工業技術院機械技術研究所（現：産業技術総合研究所）に入所し、2004年から現職。人間型ロボットの研究開発に従事。筑波大学連携大学院教授、東京工業大学非常勤講師を兼任。

洗濯機も自動車もロボット？
どうして定義があいまいなのか

——お2人ともロボット一筋に研究をしてきたのですか？

横井 つくば万博のとき、東京工業大学が4本足で歩くロボットを政府館に出展しました。当時大学院生だった私も研究を手がけました。それ以来21年間ロボットに携わり、最近は人間型ロボット（ヒューマノイドロボット）に関与しています。

大場 私はもともと、水や空気の流れを目に見るようにするセンサー技術の研究をしていました。ロボットは要素技術の固まりなのでいろいろな人が集まっていて、私がロボットのためのセンサー技術を研究し始めたのは約8年前です。現在は空間型ロボットをテーマとしています。

——ところで、まずロボットの定義を教えてくださいませんか？

横井 日本ロボット学会でも「ロボット

の定義」というのは無いんですよ。時代によって定義は変わりますし、新しい技術が入るとロボットの可能性もふくらんでいきますから、一つに限定せず広くとらえようということでしょう。それから、洗濯機にもニューロやファジーなどロボットで使われるような技術が入り、あれはロボットなのか全自動洗濯機なのかという境界はあいまいでした。昔は歯車や蒸気圧だけで作ったものもロボットとされていていましたが、最近は、センサーに反応してコンピュータで信号を処理するようなものを指します。それならば、自動ドアがロボットなのか、という話にもなりますが。

大場 本場にロボットの定義は難しいですね。語源は劇作家カレル・チャペックの「ロボータ」という言葉で、奴隷という意味からきているようです。私は洗濯機も十分ロボットだと思っていますが、ロボット研究者たちと議論すると違うと言われます（笑）。それから、自動車には今40個以上のCPU、そしてセンサーも入っていますから最先端のロボットです。しかし、日本ではアニメーションが先行しているせいか、自動車もロボットだとはなかなか受け入れてもらえません。とくに小中学生は「あと何年後に鉄腕アトムができるのでしょうか」という話になります。だから最近ではロボットという言葉より、ロボットテクノロジー（RT）という言葉を経済市場は好んで使っています。

独り立ちして働ける
人間型ロボットを目指す

——人間型ロボットで、今一番力を入れて研究していることは？



おおば こうたろう 大場 光太郎

知能システム研究部門 空間機能研究グループ長。工学博士。1997年工業技術院機械技術研究所（現：産業技術総合研究所）に入所し、2004年から現職。タグ、マイクロオペレーション、遠隔操作等のプロジェクトに従事。筑波大学連携大学院助教授、芝浦工業大学連携大学院助教授を併任。



遠隔操作する人間型ロボットの開発を 通して、子どもを育てるように ロボットを育てたい 横井 甚

横井 人間に代わって仕事をしてくれる、便利な道具としての人間型ロボットの応用分野を開発するため、ロボットの自律性を高めていく研究をしています。目標は、自分の判断で移動して、言われたものを取ってくださるというように、何か仕事をさせることです。遠隔操作型の人間型ロボットの開発を通して、子どもを育てるようにロボットを育てたいですね。最初は親（人間）が「こうしなさい」と判断して、ロボット自体もだんだん覚えて賢くなり、最後は人間の手を離れてロボットだけで何かできるようにする。なぜ人間型かというと、この部屋もそうですが、私たちは人工的に作られた空間で活動しています。イスにしろ扉のサイズにしろ、人間に合わせてデザインされているわけです。その中で動くとき、人間に近い形ならすんなり入ってこられるからです。

——4本足から2本足へ。これはロボットにとつて大きな一歩と言えますか？

横井 技術的には大きな一歩ですね。人間の空間で活動するには、やはり犬よりは人間の方が動きやすい。ただ、一旦外へ出れば馬や牛、犬のような4本足の動物の方が自然環境には適しています。逆に、人間だけが2本足で特殊なため、人工環境を作っていると言いうこともできるわけです。ですから2本足と4本足のどちらが優れている



人間に役立つ機能を埋め込んだ、 その環境自体がロボットなのです 大場

るかではなく、さまざまな状況に応じてベストな形があるということです。例えば、地域全体で子どもを守る防犯システムを考えると、おまわりさん型のロボットが立っているよりは、カメラとか子どもに持たせるものとか目立たないシステムの方が適しています。重要なのは「ロボットに何をさせたいか」です。

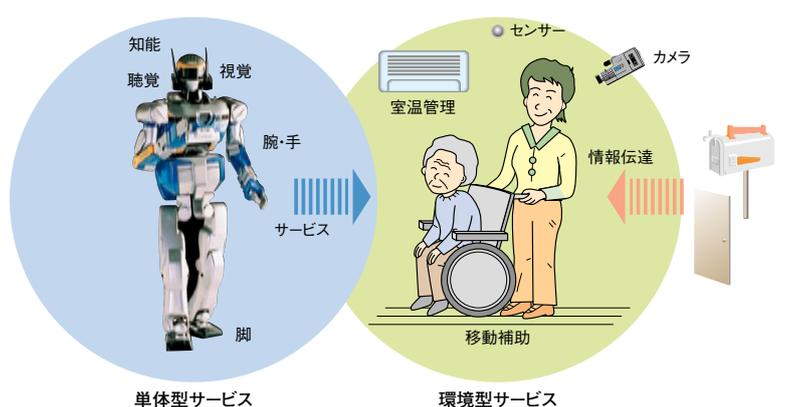
人間にもロボットにも 優しく便利な空間とは

——空間型ロボットというのは、どのようなものか教えてください。

大場 私たちは一体型のロボットとは違い、人間が生活する建物の中などにロボット技術を入れ込む研究をしています。最近

はネットワーク技術が発達していますから、一体型のように機能を一か所に集める必要がなくなっています。一つひとつは単純な機能でも、それを人間の周りに埋め込むことで、人間にとつて使いやすい空間機能を作る。そういう環境自体をロボットととらえています。例えば、人間型ロボットにエレベータのボタンを押させようとする、位置決めとかいろいろの問題が起きますよね。そこで、エレベータの所へ行ったロボットが無線で語りかければ済むようにする。こうして空間をロボット化すれば、その環境の中で動くロボットのためのインフラが整備されることにも

人間と共存・協調するロボットテクノロジー



単体型サービス

環境型サービス

なります。つまり空間型ロボットは、見えないところで人間を助けることもできますし、従来型のロボットを動かしやすい空間を作ることもできます。

——空間にちりばめる機能について、どのように研究課題を見つけているのですか。また、すでに実用化されている技術はありますか？

大場 最近、産業技術総合研究所（以下産総研）でよく言われているのは、シーズを最終的にニーズにつなげるところが必要だということです。空間に機能を貼り付けるときは、有線でつなぐのは非常に面倒くさいので、無線の技術をうまく使う必要があります。既存のICタグなど技術として



はあったものの、なかなか私たちが求めているものはなかった。ベンチャー企業と共に超小型ネットワーク・ノードを開発しました。プレス発表したら、「実はこれが欲しかった」とかなり需要が多かったですね。必要に応じて作ったサイズだったのですが、潜在的なニーズがサイズに飛びついた例と言えるでしょう。例えば工場で製造ラインの管理をする、学校で登下校の状況を把握するなど、これを使いたいという話はいろいろあります。

人間型ロボットも

発売されていますが、

どのような分野にニーズがあるのですか？

横井 現在のところは

企業の技術力を示すという段階で、それ以外

でも研究開発用、エン

タテインメント、教育

の分野に留まっています。

私たちは国家プロジェクト

と一緒に人間型ロボット

「HRP-2」を作

りましたが、実際の作

業に使えるレベルでは

ありません。まだまだ

ロボットに優しくない

環境で行動させるのは

難しいですね。「愛・

地球博」に向けて多く

の企業がロボット開発

に取り組み、今は一つ

のピークとなっていま

す。それを今後どう続

いていくかがポイント

です。

何だと思いませんか？



**ベストな『解』を提供することが
ロボット研究者には求められます** **横井**

**難しい課題をクリアするため
研究者に求められる資質**

——ロボット研究で、克服しなければなら
ない課題は何ですか？

大場 人と人の場合は、言語的な会話を

ジェスチャーや表情で補えますが、人とロ

ボットのインターフェースは難しいです

ね。環境にロボットを埋め込んだとき、人

間とのインターフェースで最大のガギと

なるのは、ロボットに人間の意図を認識さ

せるツールでしょう。

横井 そうですね。例えば火星を探索する

ロボットだったらデータだけ送ってくれ

ればいいのですが、私たちの周りにロボッ

トを置くとき、人が何を欲しているのか理

解させるところが一番のポイントです。産

総研全体としては、視覚認識、音声認識、

顔認識、ジェスチャー認識など、ロボッ

トのためのさまざまな研究がされています。

そういう機能を人間型ロボットや固定

カメラのシステムなどに盛り込むことで、

もっと簡単に人とコミュニケーションが

とれるロボットシステムを構築しようと

しています。人間型と空間型では形はすこ

く違いますが、機能で考えると大きな差は

ありません。さまざまな要素技術を組み合

わせて目的を達成するため、柔軟にシステ

ムを構築していくことが大切です。

——ロボット研究者に求められる資質は

何だと思いませんか？

何だと思いませんか？

何だと思いませんか？

何だと思いませんか？

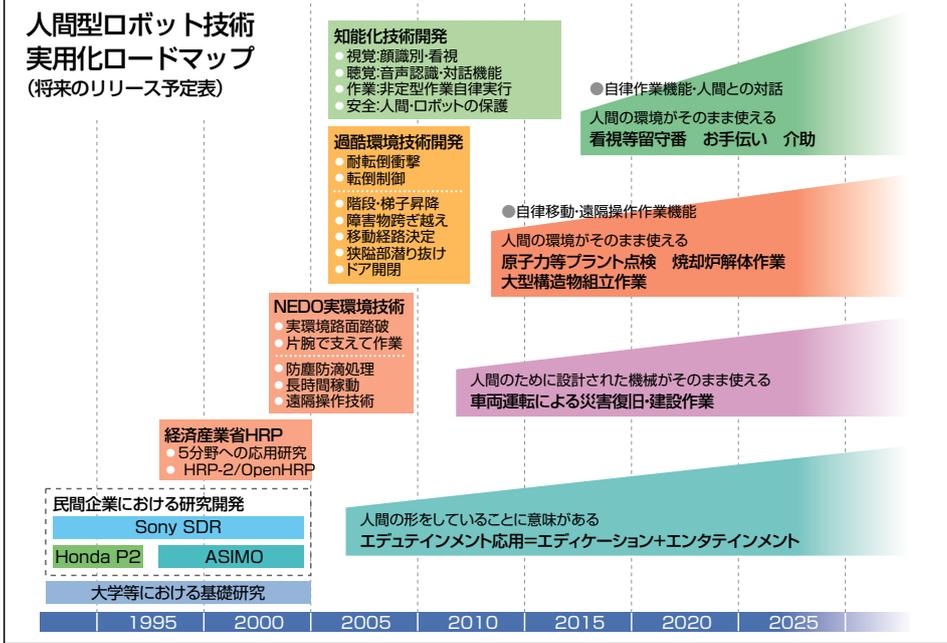
横井 私の個人的な考えでは、一つはいろ
いろなことを考えられること。例えば人間
型ロボットを作るには、設計、コンピュー
タ、バッテリー、モーターなど、自動車一
台を構成するほど多方面の知識が必要で、
ある部分だけ知っていれば良いとは言え
ません。もう一つは、柔軟にものごとが考
えられること。ドアの開閉システムを考え
るとき、センサーを取りつけて自動ドアを
作ってもいいですし、人間型ロボットを置
いてドアマンの代わりをさせてもいいわ
けです。「解」はいろいろあるんですよ。
その中でベストな解を提供していくこと
が求められます。

**見た目も機能の一つとして
重視されるデザイン性**

大場 ロボットの定義は最初に言ったよ
うにあいまいなので、自分なりのロボッ
トの定義を考え出せるような人材がいると
面白いと思います。いろいろな視点からア
プローチしていけば、10年後にはここで
議論しているロボットではなく、私たちが
想像もできないようなロボットが出てく
るでしょう。10年後には全然違うものを作
るんだという意気込みを持った人が必要
とされると思います。

——現在もさまざまなスタイルのロボッ
トが登場していますが、デザイン性はロ
ボット研究の中で大きなウエイトを占め
るのですか？

何だと思いませんか？





突き詰めていくと、形というのも 十分立派な機能を持っていますね 大場

大場 ええ、見た目によって人間に与える感じは全然違いますね。ですから、産総研で開発したアザラシ型ロボット「パロ」の研究者は、手触りやデザインを少しずつ変えながらアプローチしています。私たちの空間型ロボットもデザイン性は非常に重要で、実際に建築デザイナーやアーテクトの方と話し合いをしています。というのは、ある機能を持ったものを空間に置いたとき、それがアートとなる場合もあります。見えないようにするという機能もありますが、逆に見せることでその機能を補助することになるわけです。また、家にロボット機能を入れ込もうとすると、建築家の意見を無視しては考えにくいと思います。建築の世界では、人の動線とか、人にとって居心地がいい空間を考えるわけですから、建築家とロボット研究者は今まであまり話をする機会はありませんでしたが、だからこそお互いに新鮮で面白い話ができますね。

横井 人間型ロボットHRP-2は、アニメーションのメカデザイナーとして著名な出淵裕さんがデザインしています。それをいろいろな所へ持って行って見せるわけですが、どちらかというと男の子向けですね(笑)。ある展示会では、パロ(産総研)とアイボ(ソニー)が並んでいて、女の子はパロ、男の子はアイボの方に集まったそうです。ロボットも昔は単なる実験装置だったので、機能が検証できればいいとい

うレベルでしたが、最近では産総研からベンチャーをおこして技術を世に出していくという流れがありますので、好印象をもたれるデザインというのは非常に重要です。豊かな時代になり、デザインの持つ機能性が重視されるようになってきましたね。

大場 突き詰めていくと、形というのも十分立派な機能を持っていますし、人が最初に見るのは形ですから非常に大きなウエイトを占めています。ですから空間に何らかの機能を持たせようとした場合、形のデザイン、機能的なデザイン、情動的なデザインなどをトータルして作り上げる必要があります。パロのデザインは、猫や犬など人間に近い動物だと実物との差が出過ぎるし、逆に架空の動物にしてしまうと人間は違和感を覚える。親近感はあるけれども近すぎないターゲットということであらしを選んだと聞いています。

社会のさまざまな場面で 役立つ頼もしい存在に

— 今後は地震や事故などの災害現場で、ロボットの活躍がますます期待されるのでは？

横井 災害救助ロボットに関しては、一つの大きな方向性ということで研究開発が進められています。地震などの被災地で活躍できるロボットへのニーズはありますが、何か起こったときに対応するロボット

だけではなく、被害を未然に防ぐための監視システムなども同時に開発していく必要があると考えています。

大場 ヨーロッパには、遠隔操作で動くロボットレスキュー部隊がありますね。過去に旧ソ連でチェルノブイリのような大事故が起こっていますし、フランスには原子力プラントが数多くあります。実際に出動した例は1度もないようですが、そういう備えは大切だと思います。

横井 分野は違いますが、リハビリテーション用の器具、人工義足や人工義手などの開発で、体を動かそうとする信号を電気刺激で与えて、麻痺している足に履かせられるような研究がされています。ロボット技術の応用範囲は、従来の工場の中に留まらず、災害、医療、リハビリ、介護へと広がってきていますね。

ロボットはどこへ向かって 進化していくのか

— 産総研が、ロボット技術によって目指すものは何ですか？

横井 私たちは技術集団ですが、ロボットはデザイン・哲学・心理学・医学など、工学以外の人材も必要とする段階にきています。産総研は技術をメインとして、異分野の人たちとコラボレーションしていくことになるでしょう。そして、ロボット技

術を社会に出していくことで、皆さんの生活に役立つ社会に貢献することが大きな目標です。

大場 ロボット技術は、ニーズがまだ明確ではありません。ですから、新しいニーズを呼ぶようなシーズを作っていくことが、産総研の研究スタンスだと思っています。空間型ロボットも、企業から「ここまで使えるなら採用しよう」という話が出るまで、私たちが実証しなければなりません。ニーズの動向を見ながら、これまでとは毛色の違うシーズを出していければと考えています。

— これからも技術が進み、やがて将来どのようなロボットが生まれると思われますか？

横井 「解」を限定しないで新たな発見を提案していくことにより、今まで考えられなかったロボットが生まれるし、今は誰もロボットにないと思っていないものが、ロボットになるかもしれません。

大場 今あるロボットと全然違うものを狙うというアプローチがどんどん出てくれば、技術レベルをジャンプアップさせることができるでしょう。将来どんなロボットが生まれるか現時点で言うてしまえる、もう先がなくてつまらないと思いますので、私の個人的な希望としては「分からない」と答えたいたいですね。



人と協力して働く、頼もしい助っ人

ヒューマノイドロボット

ヒューマノイドロボットとは

映画やアニメの世界から抜け出してきたようなヒューマノイドロボットが、ここ数年、私たちの目の前に次々と登場しています。ところで、ロボットが人間の形をしているのは、どんな意味があるのでしょうか。

例えば、車や建物、家具など、私たちの周りにはあるものは、すべて人間が使いやすいように作られています。人間用に作られた環境の中でロボットを働かせるには、人間型をし

ていた方が動きやすく、人間の使う道具をそのまま使うこともできるわけです。そのため、鉄腕アトムのようなヒューマノイドロボットは、次世代ロボットが行き着く一つの形として期待されています。

産総研で開発しているのは、まさに「働く人間型ロボット」。その第一段階として、「普通の人間が行けるところならばどこにでも行ける」ことを目標に、自由に動き回らせるための研究をしています。

歩くだけから、さらに一歩前進

朝は4本足、昼は2本足、夕方は3本足で歩くものは何だ？

これはスフィンクスが出した有名ななぞ

なぞです。答は人間。通常は2本足で歩いています。階段の手すりにつかまったり、杖をついたり、四つんばいで茶室のにじり口を潜ったり、机に手をつけて奥の物を取ったりと、実にさまざまな動きをしています。

産総研では、ヒューマノイドロボットが手で体を支えながら、ときには3本足や4本足で歩いたり動いたりできるよう開発にあたりました。使われたのはHRP-2です。身長154cm、体重58kgと軽量で、作業をするために腕に大きなパワーを有しているのが特徴です。

この研究で、「片手で手すりをつかんで大きな段差を上げる」「床に置かれた重い物を押す」「机に手をつけてバランスをとりながら作業をする」「四つんばいになって狭いところを潜る」などの動作ができるようになりました。



頭部に隠されているロボットの目
(3台のカメラで構成された3次元視覚センサ。
もう一台のカメラは、オプション。)



四つんばいになって狭いところに潜り込む様子

ロボットの目で缶を確認してからつかみます



防水用の防護服を着てバックホーを運転



片手で手すりをつかんで大きな段差をのびります

人間型ロボットHRP-2は、共同研究企業の川田工業株式会社から学術研究機関向けに販売。また、HRP-2の制御ソフトウェアは産総研が開発したもので、認定ベンチャー企業のゼネラルロボティクス株式会社から販売されています。

人間型ロボットの技術は日本が世界を大きくリードし、現在は遠隔操作でフォークリフトとバックホーを運転させることに成功しています。安全な場所から作業できるようになり、将来は危険なプラントの点検や危険物の処理、ダイオキシンが問題となっている焼却炉の廃炉作業などを任せられる可能性もあります。そして、作業能力と安全性がもつと高まれば、やがてロボットが家に住み、身の回りの世話をしてくれる日がくるかもしれません。

実用化への道

C O L U M N

HRP-2、会津磐梯山を踊る

踊りの輪にヒューマノイドロボットが加わって、民謡に合わせた踊り出す。これは空想の話ではありません。人間型ロボットは、その形や動きが私たちを楽しませてくれるという側面を持っており、エンタテインメントの分野でもますます活躍することでしょう。

HRP-2は会津民謡玉水会の師範たちと一緒に、民謡「会津磐梯山」に合わせて踊ることに成功しました。ロボットを踊らせるには、まず実際の踊りのデータを取得することが必要です。そこで、映画やゲームのCG制作でおなじみのモーションキャプチャ・システムにより、動きを計測しました。これは、師範の体の各部にマーカーを付けて踊ってもらい、特殊なカメラで撮影することで動きに関するデータを取り込む方法です。

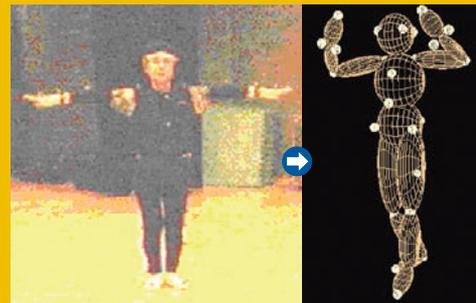
次に、体の安定性を重視する下半身と、踊りの特徴を大きく表現する上半身に別けて動きを解析します。その結果を、HRP-2に可能な動きに変換して命令を与えることで、ついに踊りの共演が実現したのです。

伝統芸能・技法などを保存していくためには、後継者が欠かせません。ヒューマノイドロボットは、無形文化財の後継者としても将来有望なのです。

(この研究は、東京大学生産技術研究所池内克史研究室との共同研究成果です。)



会津磐梯山を共演する人とロボット



モーションキャプチャで人の動きを取り込みます

家庭用ロボット



生活支援ロボットシステム
(住居空間に分散配置された機能部品が、連携動作することで住人に様々なサービスを提供するインテリジェントな居住空間)

高齢化社会を迎えて

日本は、世界の産業用ロボットの大半を生産する「ロボット大国」です。その一方で、高齢化社会を迎えて介護を必要とする人が増えるなか、日常生活を支援するロボットの開発が待たれています。しかし最大の問題は、介護や介助を含め、求められるサービスの幅がとて広いこと。しかも、一人ひとりのニーズが微妙に異なっていることです。そのため、各ユーザーのニーズを満たすロボットシステムは、まだ実現されていません。

産総研ではナショナルプロジェクト（松下電工との共同研究）として、生活支援ロボットシステムを開発しました。例えば来客があった場合、①客のカメラ映像を室内のモニタテレビに映す。②ロボットが住人に客の来訪を告げる。③住人の指示により、ロボットが鍵を開ける。④住人のメッセージを伝えながら客を迎え入れ、リビングに案内する。…などの一連のサービスが提供できます。また、玄関や窓の戸締まりを確認したり、室内の明るさや温度を快適に保つこともできます。

ソフトの機能部品のソフトウェアをモジュール化

開発者ごとに別々のルールで家庭用ロボットの設計が進めていくと、それぞれの技術を組み合わせたり、機能を連携させることが困難になります。何か有効な技術が開発されても、他のロボットに活用できなければ、また一から開発し直すなくてはなりません。このような問題を解消するため、ロボット

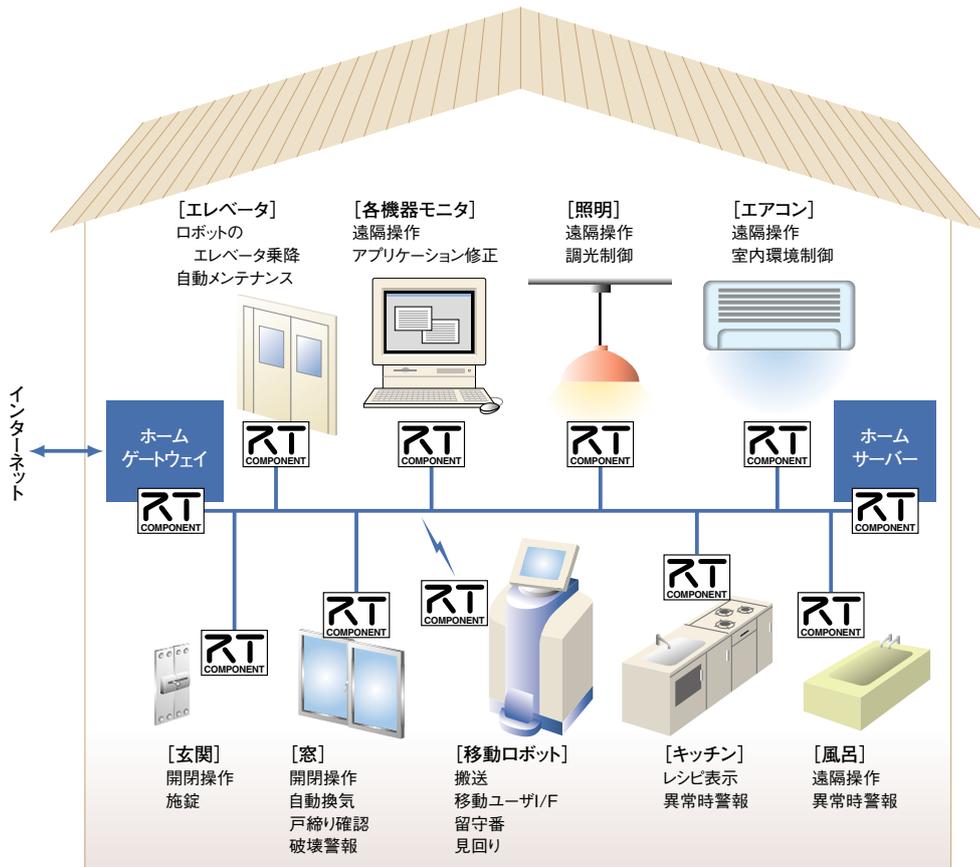
居住空間に分散配置されたRTコンポーネント（各種機能部品）

ネットワークに接続された「機能部品」（音声出力機能付き移動ロボット、電動ドア、制御スイッチ付き照明器具、など）が、居住者の指示やセンサ信号に応じて、対応するスクリプトを実行する。



の各機能部品をモジュール化し、ユーザーの幅広いニーズに合わせてモジュールを組み合わせることで容易にシステムが構築できるよう、RTミドルウェアの開発が急がれています。ロボット技術を統合しようという動きは海外でも活発化しつつあり、産総研はその世界標準化においても、中心的な役割を果たそうと積極的に貢献しています。今はまだ基礎づくりの段階ですが、一つひとつの機能部品の信頼性を高め、生活支援ロボットの安全性、操作性、快適性などを向上

機能部品が組み込まれた住宅イメージ



させていくことで、実用化へ大きく前進することになるでしょう。

未来の家庭

音声出力機能付き移動ロボット、電動ドア、制御スイッチ付き照明器具などの「機能部品」が組み込まれたリビング・キッチン。これら機能部品はネットワークに接続されて、家庭内に設置されたサーバで管理されるほか、外部から操作することも可能になります。

のシステムは、住む人がどのようなサービスを求めるかによって「作り込み」ができます。しかも、システムを変更したい場合はモジュール化した機能部品を追加すれば、簡単に新しいサービスが提供されます。

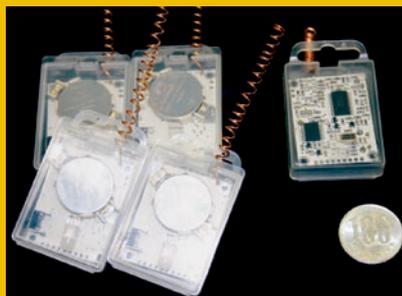
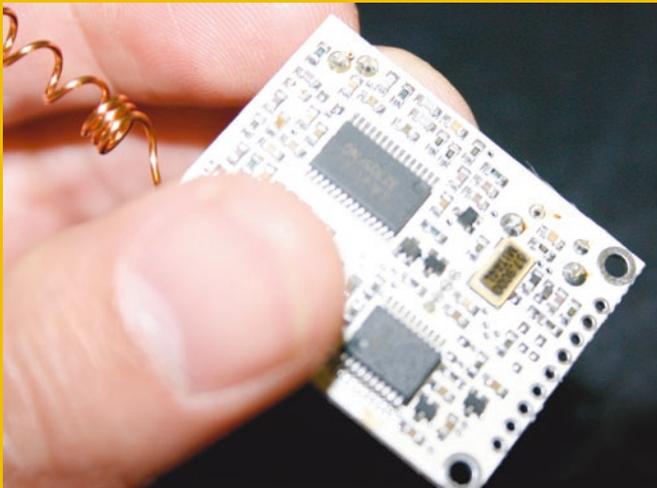
移動ロボットが留守番や見回りなどをしてくれるので、高齢者が安心して生活できるのも大きなメリットです。またベッドがある家庭では、エサやりや健康管理などを任せられることもできます。このように、便利さをオーダーメイドしながら住めるのが未来の家なのです。

C O L U M N

ユビキタス社会の小さな見張り番

家電製品は生活を便利にしてくれませんが、電気コードの配線が悩みのタネです。また将来、家庭用ロボットが実用化され、住まいの壁や天井などにセンサーや通信の機能を埋め込もうとしたとき、そのすべてを有線ですなぐのは現実的とは言えません。そこで産総研では、家庭内の電化製品やセンサーをコードレスで接続し、ネットワークで自在に制御できる「超小型ネットワーク・ノード」を開発しました。

このノードは、大きさも重さも自動車のキーレス・エントリーのリモコン並みで、電池内蔵型の端末としては世界最小クラス。ICタグには備わっていない入出力機能や情報処理機能があり、しかも安価なため、物



車のキーレスエントリー並みの超小型サイズ

流の世界でも新しい展開が期待されます。理論上は、ボタン電池1個で60年以上も動くため、電池交換を意識せず、壁に埋め込んで問題ありません。さまざまな場所にマイクロチップやセンサーを設置し、無線によってネットワーク化することで、家庭用ロボットが働きやすい空間を作ることにもつながります。防災や安全、サービスの提供など、快適な生活空間をかなえるセンサーネットワークシステムの実現を、小さなノードが力強く後押ししてくれます。

アニマル・セラピーから生まれた

メンタルコミットロボット「パロ」

動物と人のかかわり

ずっと昔から、多くの人がペットと一緒に生活し、家族のよっにかわいがって来ました。動物とふれあうことで、病気の治療や予防、リハビリなどに役立っているのがアニマル・セラピーです。その効果は分かっているものの、アレルギー、人畜感染症、噛み付きや引っかき事故などの恐れがあるため、簡単に導入することはできません。またペットを飼おうとしても、一人暮らしで世話がしきれない、マンションで禁止されているなど、さまざまな問題があります。



7ヶ国語を認識するパロ。色も従来の白に加え新たに若草色、ゴールド、桜色、すみれ色の5色になりました。写真は白とゴールド

そこで、産総研ではロボット・セラピーを提唱し、19993年からアザラシ型メンタルコミットロボット「パロ」の研究開発を行って来ました。メンタルコミットロボットとは、かわいらしさや心地良さなどを重視し、人の心に働きかけることを目的としたロボットです。

対話するロボット

パロは、タテコトアザラシの赤ちゃんをモデルにしています。なぜアザラシかというと、あまり身近ではない動物の方が本物と比べられることもなく、かえって違和感なく受け入れやすいからです。

本物のアザラシと同じで、パロは一体一体の顔つきが微妙に違い、眠くなる時間や元気に活動する時間といった生活のリズムもあります。また、新しい名前を覚えたり、飼育主の好みに合った行動を学習したりするため、飼っている間に個性もできます。

優しくなでられると喜び、叩かれると怒り、ひげを触られると恥ずかしがる。そんなパロとのふれあいから、心理的・生理的・社会的効果を得られることが、多くの病院や福祉施設での実験によって確認されています。それらの実証実験の成果により、平成14年9月、「世界で最もセラピー効果があるロボット」としてギネス世界記録に認定されました。

高まる評価

ロボット・セラピーの実験を通して、抗菌加工、防汚加工、電磁シールドなどを施し、安



介護老人保健施設でのロボット・セラピー

全性や耐久性を高めたパロの新型（第8世代）が完成しました。世界一の癒し効果をもつロボット「パロ」が、いよいよ実用化段階にきています。まず、産総研発ベンチャーの株式会社知能システムから、高齢者向け施設にリース販売を開始。個人向けの販売も、平成17年初春に始まり、医療・福祉施設だけではなく、一般家庭でも多くのパロがかわいられています。

高齢者向け施設でのロボット・セラピーの効果については、うつ改善、ストレスの低減、会話が活発になる、認知症患者の脳機能の改善などに加え、介護者のバーンアウト（もえつき症候群）につながる負担の低減も確認されています。

現在も国内だけでなく、スウェーデン、イタリア、フランス、アメリカの高齢者向け施設や病院などで、パロによるロボット・セラピーの研究が行われ、高く評価されています。そして、年齢はもろろん、国籍、文化、宗教の違いを超えて、ファンを世界中に広げています。

図1 フェイススケールの平均スコア比較
小児病棟に短期入院中の患者を対象にした、ロボットの作動時（ON）と非作動時（OFF）の比較。数値が低い程気分が良いことを表しています。

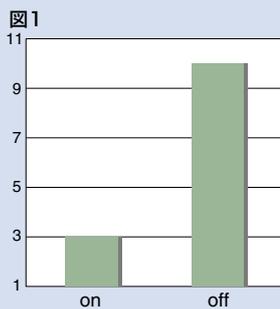
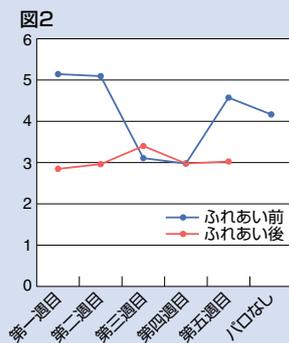


図2 高齢者によるフェイススケールの変化
デイサービスセンターで行われた、高齢者を対象としたパロとのふれあい前後を比較したグラフ。数値が低い程気分が良いことを表しています。



変幻自在に形を変える

モジュール型ロボット

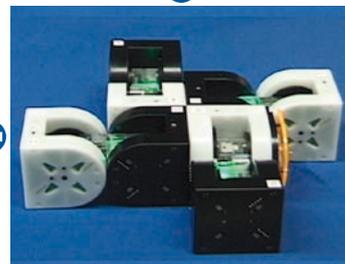
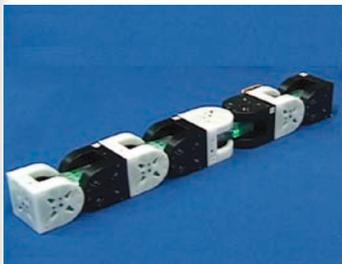
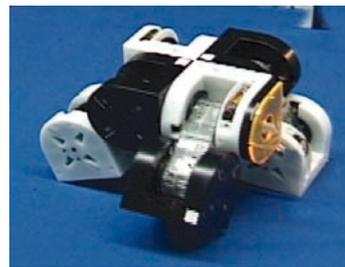
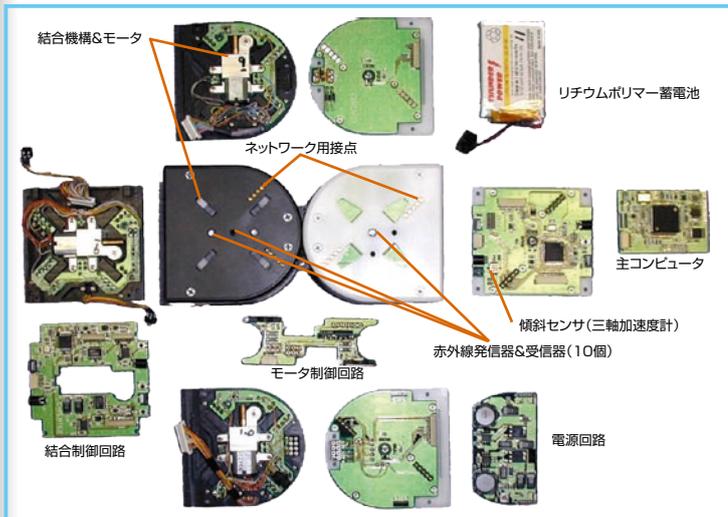
同じ形のをいくつも組み合わせて、合体したり変形したりしながら動くようにしたのがモジュール型ロボットです。このロボットには、周りの環境に合わせて、自分の形を変えながら移動や作業を行う「自己組み立て」能力があります。また同じモジュールでできているため、一つ故障してもスベアに置き換えて修復する「自己修復」能力もあります。つまり、場所を選ばず働くことができ、しかも故障に強いロボットということ、国内外で盛んに研究されています。

産総研で開発したモジュール型ロボット（MIRAN）は、変形や移動など、一連の動作を自律的に行うところに大きな特徴があります。かまぼこ型の2つの部分をリンクでつないだシンプルな構造で、内蔵電池で動き、無線で遠隔操作できます。このように自力で運動し変形できるモジュール型ロボットとしては、世界のトップを走る技術です。

現在の第3試作機は、結合・分離の時間を1分から5秒へと短縮しております。各モジュールのコンピュータが協力し、組立てた形を自動認識して動作を開始し、センサで向きや障害物を検知して動作変更します。今後は、周りの環境に応じて自律的に形や運動を作れるロボットを目指します。

このようなモジュール型ロボットは、惑星探査ロボット、災害用ロボット、トンネル内点検ロボットをはじめ、危険な場所や狭い場所などでの活躍が期待されています。

◆ <http://unit.aist.go.jp/s/dsysd/mtran3/>

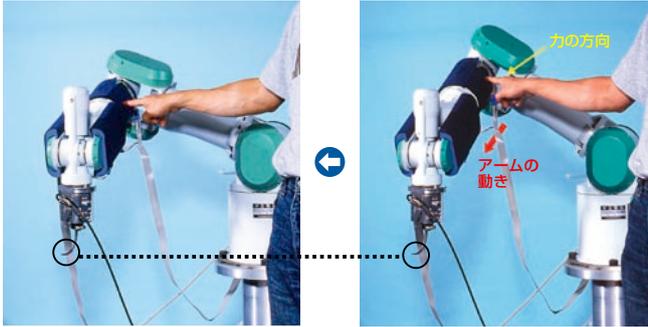


人との共同作業を安全に行う

全身触覚ロボットアーム

防災支援ロボットや介護ロボットなど、私たちの身近なところで働くロボットが、人や物にぶつかっても無視して動き続けたりとても危険です。人に怪我をさせたり、物を壊されたりするおそれがあるからです。そこで産総研では、人や物と接触しても安全に作業ができるロボットを作るため、表面に触覚を持つロボットアームを開発しました。

このシステムは、接触したときの力を検出できる「全身型触覚センサー」のシートを、スパーサと外皮でサンドイッチ状にはさみ、

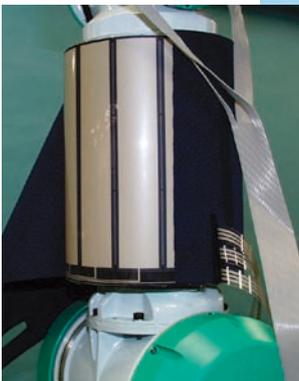


人が接触しても、手先の位置を変えずにそのまま作業を続けます。

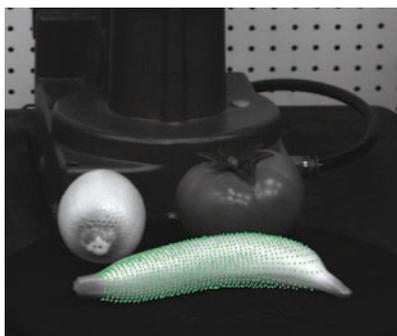
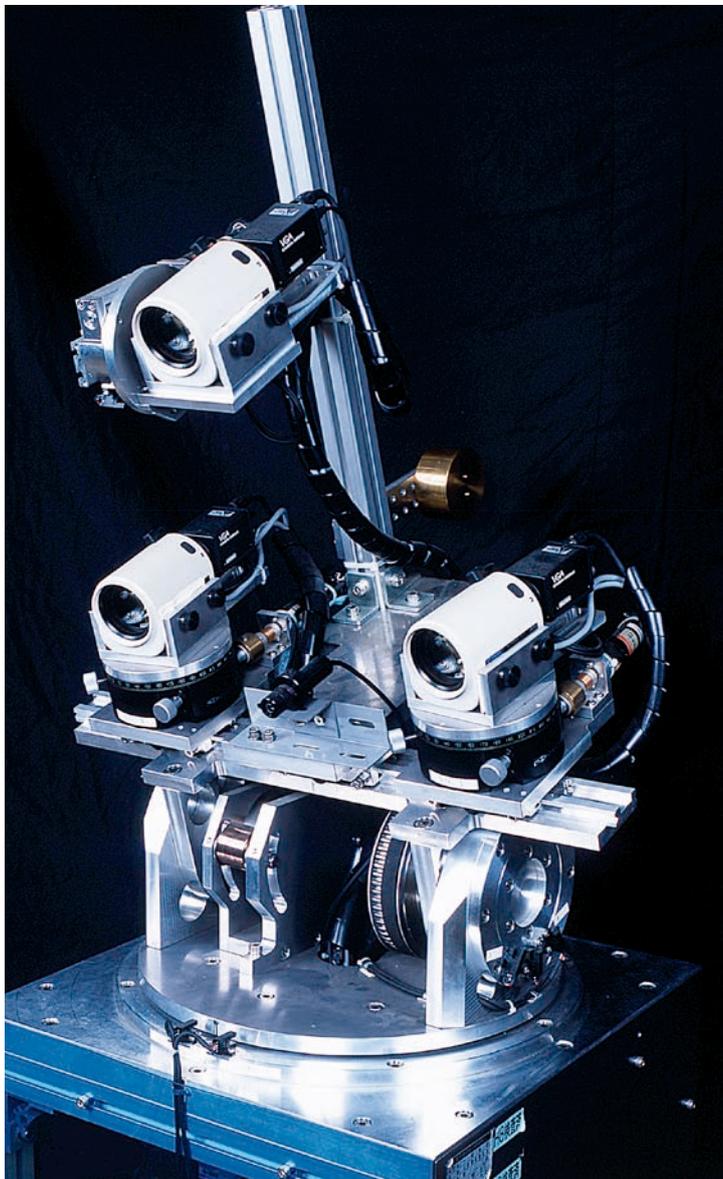
ロボットアームに装着します。柔らかい材質で覆われているため、人に優しくなじみやすい手触りです。また、実際にさまざまな作業をするロボットアームの動きを妨げず、簡単に装着できるといふメリットもあります。これにより、広い範囲で、どこにどのくらいの強さで接触したかが分かるようになります。

例えば人と接触すると、ロボットアームは人を避けて遠ざかるような動きをします。しかし作業の手は止まらず、接触の前と後でロボットアームの手先の動作はほとんど変わりません。何か所も同時に接触した場合でも、うまくそれらを避けながら作業を続けられるのが大きな特徴です。

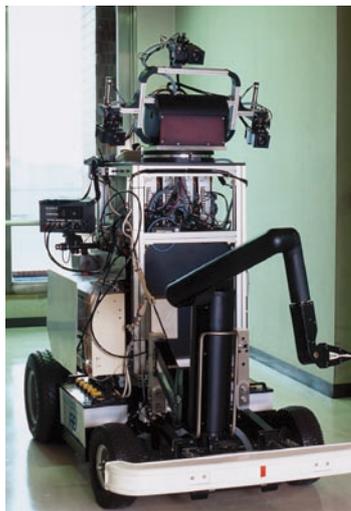
今後は、より素早く反応させたり、視覚など他のセンサーと合体させたりして、ロボットと人間が安全に共存できるよう研究を進めていきます。



ロボットの皮膚センサーシート



ロボットの目で見た対象物。緑の線が形状モデルを表します。いろいろな果物の中からバナナだけを選別したりすることが可能になります



バッテリー駆動のカートに「VW」システムを搭載した自律走行車。障害物を避けながら、目的地まで自動で移動します

人間並みの視力で立体を認識する

3次元視覚システム「VVVV」

部屋の中で壁や家具にぶつからないで歩き、外では危険な溝や穴を避けて進む。こんなふうに私たちは普段、周りのようすを目で見て行動しています。しかし、同じことを機械にさせるのは、とても難しいことです。自分で判断して自律的に行動する知能ロボットを作るには、人間の目のように立体的に物を見ることに加え、把握した状況に応じて行動するシステムが必要となります。

産総研では、物を立体的に認識できるコンピュータの目として、高機能3次元視覚情報システムを開発しています。複数台のカメラを使って距離や大きさを割り出し、形の特徴をとらえ、どのような空間にあるのかを把握します。さらに、物の動きを追いかけ、ロボットハンドに同じ動きをさせることもできます。

この3次元視覚は、人間の目が必要とされる多くの作業や機械に利用することができます。例えば、面倒なプログラムなしで、いろいろな物の中から特定の部品だけを選び出すシステム。視覚だけを頼りに、ロボットが自律走行できるシステム。視覚障害者に、周囲の状況を音声に変換して伝えるシステムなどです。今後、製造、交通、建設、土木、医療、福祉、監視、防災など幅広く利用され、さまざまな分野で、自動化が進んでいくことでしょう。



独立行政法人 **産業技術総合研究所**

広報部 出版室 〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2
Tel : 029-862-6217 Fax : 029-862-6212 E-mail : prpub@m.aist.go.jp

発行日 : 2005.9.1

