



人型ロボット

はどこまで進化するのか?

インターフェイス

INTERFACE ●

はたして外見に魂は宿るのか？
そっくりロボット「ジェミノイド」は、アンドロイドを本人の代理と認識させるレベルに達している。

今日は関西で打ち合わせ、明日は東京で会議に出席——もしもコピーロボットがあったら、どちらかはロボットに任せて、少しは朝寝坊できるのに……。そんな願いを誰もが持つに違いない。そんな夢に一步先じたのが、ATR知能ロボティクス研究所で作られた「ジェミノイド」だ。客員室長であり大阪大学教授でもある石黒浩氏のグループが開発した。ジェミノイドのモデルは、見てのとおり、石黒浩教授ご本人。頭蓋骨をMRIで撮影してサイズを測り、全身を型どりして肌のきめ、まばらな白髪や指のうぶ毛まで再現して、外見を作りこんだ。人間のよう、顔を動かしたり体をゆすったりといった自然な動きをランダムで行うほか、足をゆするなど当人の癖をつけ加え、遠隔操作で顔や手足をある程度動かすことも可能だ。離れた場所にあるマイクの前で教授本人が声を出すと、それに合わせて口が動き、スピーカーから声が流れてくるようになっていく。

アンドロイド研究では、「ロボットの外見や動きが精密になるほど人の感じる親密度は増すが、ある段階を越えると、突然不気味に感じてしまう。その境界を越えて外見がリアルに近づくと、また親密度が増す」という説があり、その境界線を「不気味の谷」と呼んでいる。ジェミノイドは、その「不気味の谷」を渡った先、コピーされた人間の代役を務められるほどのリアルさを目指している。人間社会の中で受け入れられるロボットを作るには、インターフェイス(外見)が非常に大切なのだ。実際、ジェミノイドを見ると、子どもは最初警戒するけれど、年齢が高い人ほど最初から自然に受け入れるという。

だが、このジェミノイド研究の目的は、じつはロボットのリアルさを追求することではなく、別のところにある。石黒教授は、ジェミノイドを見た

きの周囲の人間の反応を調べ、そこから人間の存在とは何かを導き出そうとしているのだ。たとえば、本人の権威がジェミノイドに伝わるのかといったふうに、外見や癖や動きなどの要素をジェミノイドにつけ加えたり、取り除いたりすることで、周囲の人間が感じ取るジェミノイドの存在感がどれだけ変化するかを調べている。研究室のスタッフは、ジェミノイドの電源がオフのときは、ロボットとして触れるのに、電源を入れ教授の声で話し出すと、気軽に肩をたたくこともできなくなるという。「最近では、ジェミノイドを使って、遠隔から声だけで研究所の会議に出席していても何の問題もない。話し出すとすぐに、出席者はジェミノイドを私本人のように感じ始めるんです。つまり、アンドロイドに外見や癖や動きのような「人間のエッセンス」を入れてやると、人間らしくなっていく。人間存在の本質を理解するために、アンドロイドに本人の存在感を与えるような「人間のエッセンス」ってなにかを探しているんです。」(石黒教授)



並んで右側がモデルとなった石黒教授。左のジェミノイドは、口元の細かな皺、眉毛の生え方まで、本人そっくりに再現されている。



ロボットが“労働”を意味し、“動く人形”を意味したのは前世紀の話。最新技術を見る限り、人型ロボットは人間に近づきながら、別種の生き物を目指すようにも思えてくる。インターフェイス、頭脳、運動性能——各要素で現時点での最先端技術を集め、ロボットの未来と可能性を探る。

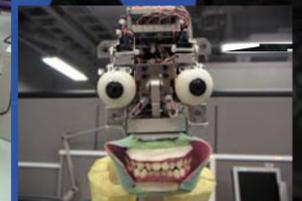
文 / 中川悠紀子 写真 / 吉田三郎 絵 / 大島千明
取材協力・資料提供
ATR知能ロボティクス研究所客員研究員・大阪大学教授 石黒浩 / ATR脳情報研究所主任研究員 神谷之康 / 東京大学教授 國吉康夫 / 東京工業大学教授 広瀬茂男 / 東京大学助教授 横井浩史 / 神原機械(株) / 神戸大学教授 塚本昌彦

遠隔マイクの前で操作者が、口の動きを感じるセンサーをつけて話すと、モニターのまわりにある赤外線カメラがキャッチし、ジェミノイドに話者の口の動きが伝わる仕掛け。ジェミノイドの体は、人間の自然な動作を予め測定し、プログラムで自動的に動かしている。また、手もとのマウスで体の動きを操作することもできる。

人型はジェミノイドのインターフェイスにすぎない。部屋の天井には目の代わりをする赤外線カメラと耳の代わりの集音マイク、床には圧力センサーが敷かれ、部屋全体がロボットのセンサーになっている



石黒教授が最初に作った、少女にそっくりなアンドロイドとその内部。皮膚センサーがあり、接触を感知できる。「娘をモデルにしたからか、アンドロイドと接するうち、娘の匂いがするようになりました。」(石黒教授)



脳

念じるだけで動くロボット

● BRAIN

最新式ロボットを動かすのに、コントローラーは必要ないかもしれない。頭の中で考えるだけで、ロボットが動くからだ。



この実験では、アウトプットとしてロボットの手が使われた。ロボットが反応するまでに約7秒かかり、今後は脳画像解析時間の短縮が課題となる。

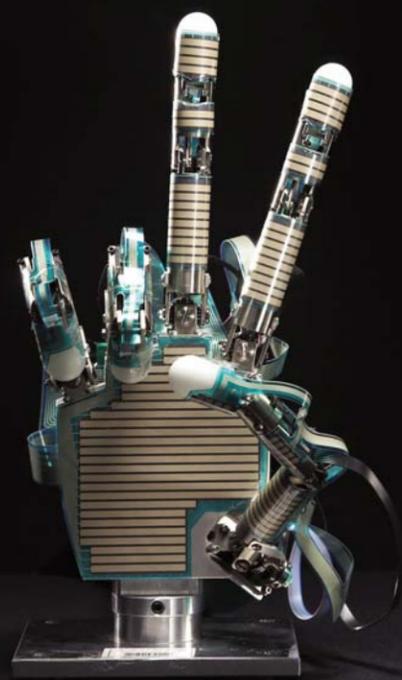
念じるだけで動くロボットを世界に先駆けて研究しているのは、ATR脳情報研究所の神谷之康主任研究員。ASIMOのHONDAと共同で、操作者の脳の状態を読み取り、考えた通りの動きをするじゃんけんロボット開発に成功した。操作者はロボットに直接命令を与えるのではなく、手でじゃんけんの形をまねるだけ。そのときの脳の血流変化をfMRIで検出して脳画像を解析し、解読結果をロボットへと送る。ロボットは85%の正答率で、被験者と同じじゃんけんのポーズをとった。この研究は、脳で機械を動かすBMI（ブレイン マシン インターフェイス）の基礎技術となり、やがては脳で操作する自動車や、全身麻痺の患者が考えるだけで操作できるロボットハンドなどにも応用できる。

「自分で考えるロボットの自律性の足りないところを補う技術だと考えています。体を動かすという脳の低次の部分はロボット任せで、思考する・判断するという高次の部分だけを人間が引き受ければ、ロボットはさらに高度な仕事ができるはずです。」(神谷研究員)

この技術の画期的な部分は、デコーディングと呼ばれる脳の暗号の読み取り技術にある。脳の血流量の変化を調べるfMRI、MRI、脳波を測定するEEGなど、生きている人間の脳の状態を測定する計測装置の結果を解析し、脳がいま何を思い浮かべているかを解析する技術だ。

たとえば、ある人が縦縞模様を見ているときと横縞模様を見ているときに活動する脳の部分は違う。このとき脳内で活動しているのは、大きさが1ミリ以下のコラムと呼ばれるごく小さな部分だ。しかし、現在の測定装置では、3ミリ四方の区画より細かく測定することができない。そこで、最小の解像度である3ミリ四方の状態を表す脳画像のパターンをコンピュータで解析しどんなパターンのとき何の模様を見ていたかを機械に学習させる。何度も繰り返すうち、脳画像のパターンから、そのとき脳が何の図形を見ていたか、解読できるようになる。人間の目ではパターンの違いはわからないが、コンピュータは脳画像のパターン傾向を認識し、脳活動の変化を読み取るのだ。

「将来的には、HONDAのロボットASIMOを脳で動かしたい。左へ行け、右へ行けといったレベルなら数年後には実現できるでしょう。せっかくなので、脳と機械の連結する未来を感じさせる、もう少し複雑な行動をとらせたいと考えているんです。」(神谷研究員)

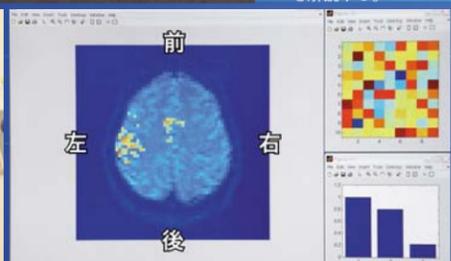


©Honda&ATR

↓MRIから送られた脳内血流量の変化を表す画像データをコンピュータで解析し、脳が「グー・チョキ・パー」のどれを考えているかを解読する。

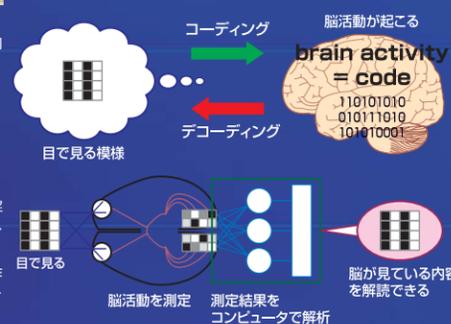


被験者はMRIの中に入り、片手で「グー・チョキ・パー」のポーズを次々ととり、このときの脳内血流量の変化を測定する。



「マインド・リーディング」の方法

[Kamitani & Tong, 2005]



脳が何を考えているかを解読する技術をデコーディングと呼んでいる。将来は、念じるだけでロボットを操作できるようになるかもしれない。



10万馬力は可能か？

「じつはロボットを力持ちにするのは非常に難しい。」と語るのは、世界一力持ちのヒューマノイドを作った東京大学工学部の國吉康夫教授。意外にも、腕に巨大なモーターをつけることができないので、人体サイズの最新ヒューマノイドが片手で持てる重さはせいぜい数キロが限界だ。より重い物を持ち上げるために、このヒューマノイドはより人間的な解決策を選んだ。「人間が自然に身につけたコツを解明し利用するんです。」(國吉教授)

このヒューマノイドは転んだ体勢から起き上がり、30キロの重さの荷物を抱え上げ、ベッド上の66キロの人形を引きずることができる。全身を覆う1864点の接触センサーを使って現在の体勢を知り、たとえば転んだ状態から、絶妙なタイミングで足を振り、反動



で70キロの身を起こす。人間が体で覚えている動作のコツやタイミングを利用して、ロボットが抱えているパワー不足の問題をテクニックで補っている。



● MOTION PERFORMANCE

ヒューマノイドの身長は155センチ、体重は70キロ。転んだ体勢から起き上がるコツを、人間の動きから解明し、それを再現することに成功。背中に付けた接触センサーで、両足を上げ振り下ろすタイミングを測り、反動で起き上がる。

生物の関節の動きを再現



● 陸上走行



● 水中遊泳



このようなヘビ型ロボットは、身をくねらせてパイプなどの狭いところを進んだり、生き物のヘビが枝から枝へ移るように、離れたところに渡ることもできる。

体をくねらせ前へ進む仕組みは、原理的には地上でも水中でもほとんど同じだという。ヘビの関節の動きを再現した水陸両用ヘビ型ロボットは、見事にそれを証明させている。東京工業大学広瀬茂男教授の研究室が開発したこのロボットは、蛇腹と結合部を組み合わせた関節をもち、体全体をなめらかにくねらせて効率よく泳ぐ。全身を覆う小型の車輪がついた水かき板は、体が横に流れるのを防ぎ、体の描く曲線の縦方向に水が流

れるように設計され、地上では体を支え、水中では水をかく役目を果たす。丸い関節ユニットひとつひとつが、動きを制御するCPU、バッテリー、モーターを持ち、それひとつが独立したロボットなのも特徴的だ。ユニット同士が通信で信号をやりとりし自分の位置を自動的に認識して協調した行動をとることで、全体の動きが生まれる。ロボットの未来の利用法のひとつとして、危険な場所や人間の手の届かない場所での作業に期待されている。

ロボットの関節はぐるぐる回るぶん、人間より自由度が高い。けれど、スピードは問題だ。速すぎるロボットは危険だし、発する熱でロボットが疲れてしまう。