

## 特集 ロボットメディアによる 人間情報処理研究 ●

### 2

# アンドロイド、 ジェミノイドと 人間の相違

石黒 浩 ●

大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻  
ATR 知能ロボティクス研究所



### はじめに

人間にとって理想的なロボットやメディアはどのように設計すればいいのか？ この基本的な問いに対する答えを模索する研究が、筆者が進めるアンドロイドやジェミノイドの研究である。アンドロイドとは人間酷似型のロボットであり、短い観察では人間と見分けのつかない姿形を持つ。一方、ジェミノイドとは、双子という意味を持つ、実在人間の遠隔操作型アンドロイドであり、インターネットを通してそのアンドロイドを遠隔操作できる。筆者は世界に先駆けてこれらのアンドロイドを研究開発してきた。そしていまだこれらの研究は世界にほとんど例を見ない研究である。

人とかかわるメディアの研究はこれまでも盛んに行われてきた。しかしそれらは、特定の状況とタスクとモダリティにおける研究である。より一般的な状況で利用されるメディアや、人間と多様なかかわりを期待される日常活動型ロボットの研究においては、人間の利用する多様なモダリティを基に、より複雑な状況とタスクの下で、研究に取り組む必要があり、そこでは、より深く人間の認知プロセスを理解する必要がある。

その人間の最も基本的な性質が擬人化であり、人間はその性質を基に他の人間や物体と対話することができる。そう考えれば、擬人化しやすいヒューマノイドやアンドロイドを用いた研究は、人間とロボットのかかわりに関して多くの情報を得る研究になる。すなわち、本稿で述べるアンドロイドやジェミノイドは、その開発そのものがロボット工学におけるチャレンジであるとともに、それらは、心理学や認知科学における人間理解のためのテストベッドになる。

すなわち、今後さらに発展が期待されるロボットやメディアの研究は、人間を工学的に実現する研究であると同時に、人間を構成論的に理解する研究でもあり、人間理解とロボット・メディア開発が一体化する方向で発展しつつある。本稿では、このようなロボット・メディア研究の流れに従う、アンドロイドやジェミノイドの研究について紹介しながら、それらがどれくらい人間に近く、どれくらい人間と異なるかという議論を通して、今後の人間理解およびロボット・メディア開発にかかわる研究の方向性を議論する。

### アンドロイド

#### アンドロイドの開発

##### 人間に似た見かけと動作

アンドロイドとロボットの違いは、まず、その人間に酷似した姿形にある。人間と酷似した姿形は、人間その

ものを元を作り出す。具体的には人間の頭部や腕について形状記憶フォームで型をとり、シリコンを用いて皮膚のテクスチャまでも再現する。

姿形とともに重要なのが、人間に酷似した動作を生成できる機構である。図-1に示す女性アンドロイドには、31本の空気サーボアクチュエータを用いている(指、足を除く)。この31本の空気サーボアクチュエータにより、肺呼吸による肩や胸の動きなど、人間の無意識の動作まで再現している<sup>1), 2)</sup>。

空気アクチュエータを用いる理由は、外力に対して、特別な制御を行うことなく、自然な反応動作を容易に生成できることである。実際に、動作中のロボットに触れると、外力に無理に逆らわずに動作を続ける。この柔軟性が、安全性とともに、より人間らしい動作をもたらす。

空気アクチュエータは、ロボット本体からはほとんどノイズが発生しないなど、さまざまな利点を併せ持つが、欠点もある。その最大の問題点は、大型のコンプレッサを必要とすることである。ゆえに現在のアンドロイドは、自由に移動することができない。この空気アクチュエータと同等の性能を持ちながらも、コンプレッサを必要としないアクチュエータを開発する必要がある。

そのようなアクチュエータとして、最近図-2に示すような電動直動アクチュエータの開発に成功した(平田らとの共同研究<sup>3)</sup>)。このアクチュエータはその磁石の配列にハルバツハ配列を用いたもので、従来最も強力とされている直動型のアクチュエータであるシャフトモ-

タと比べて、速度やトルクにおいて1.5倍の性能を持ち、その性能はアンドロイドの腕(肘と手の間)に使用している空気アクチュエータとほぼ同等である。加える電流や制御方法を工夫すれば、シャフトモータの約2倍程度の性能が期待される。

動作生成においては、この31本のアクチュエータを同時に制御して、全体として人間らしい振る舞いを作る方法が問題となる。無論、従来のロボットのように、1つ1つの姿勢を作り、それらを滑らかに補完するという方法を取ることができ、実際に専用エディタを開発して、ロボットの動作をプログラムしている。しかしながら、その作業には非常に時間がかかる。そのため、現在では、CPGやニューラルネットワークを用いた手法により、人間らしい動作を再現している。

### 人に近い知覚能力

人間らしいアンドロイドを実現するには、姿形と動作に加え、その知覚能力も人間らしくなければならない。しかしながら、ロボットの知覚能力には限界があり、ゆえに、アンドロイドを人間に近づけるには、ロボット上に搭載されたセンサだけでなく、環境に設置されたセンサや、IDタグなど、人間の行動認識に必要な設備を導入する必要がある。このようなセンサシステムとして、筆者らは、これまで知覚情報基盤と呼ぶセンサネットワークを開発してきた<sup>5)</sup>。そしてその技術はアンドロイドにも用いている。図-2にアンドロイドやジェミノイド



図-1 アンドロイド(大阪大学と(株)ココロの共同開発)

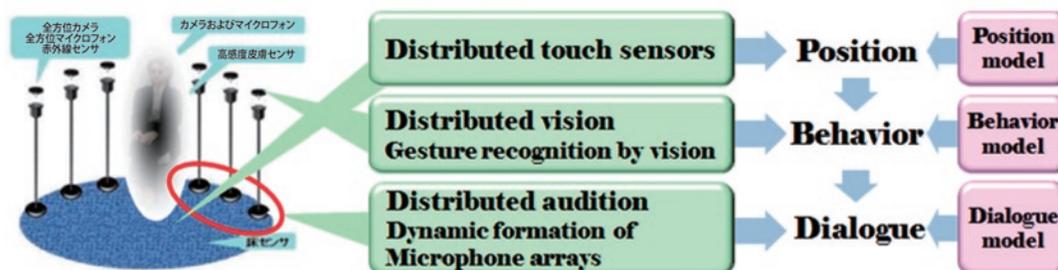


図-2 センサネットワーク

## 2. アンドロイド、ジェミノイドと人間の相違

のシステムに用いているセンサネットワークを示す。床センサが訪問者の位置を検出し、複数のカメラがその位置情報を基に、動作を認識する。さらに、認識された動作を基に状況を限定することで、認識対象となる語彙を限定して、特定の状況における比較的安定した音声認識を実現している。

ロボットに搭載すべき唯一のセンサは、皮膚センサである。人間との自然な相互作用を実現するには、皮膚センサはなくてはならない。従来のロボットでは、あまり皮膚センサやその利用については取り組まれてこなかったが、筆者らは、特にその開発に力を注ぎ、菅沼らとともに、シリコン、piezofilm、伸縮性導電性接着剤を組み合わせた皮膚センサも開発している<sup>4)</sup>。

### アンドロイドを用いた認知研究

先に述べたように、アンドロイドの研究開発は、技術面と科学面の双方において意義を持つ。そのアンドロイド開発において、まず最初に出会った問題が、不気味の谷の問題である。不気味の谷は、森らによって発見された現象で<sup>6)</sup>、横軸にロボットがどれほど人間に似ているかという尺度、縦軸に、親近感をとると、最初ロボットが人間に近づけば近づくほど親近感は増すが、ロボットが人間にかなり近づいたところで、急に親近感が減る。その谷を不気味の谷と呼ぶが(図-3参照)、そこでは、人はロボットを動く死体を見るかのように見ている。アンドロイドも同様に、姿形が不完全であったり、動作が

悪ければ、この不気味の谷に陥る。最初に造った子供アンドロイドでは、その小さい体に、多くのアクチュエータを埋め込むことができず、不気味なアンドロイドになった。しかし、女性アンドロイドの開発によって、その強い不気味さは克服することができた。

不気味の谷を克服しても、それは、アンドロイドと人間の見分けがつかなくなったということではない。アンドロイドと人間の間には、まだ遙かに遠い距離があり、むしろアンドロイド研究を通じて、いかに人間が複雑であるかということを再認識しているのが実情である。

### 意識的認識

人間とはいまだ大きく異なるアンドロイドであるが、ごく短時間であれば、人間と区別がつかない場合がある。どのような状況で人はアンドロイドと人間の区別を誤るかについて実験を行った<sup>8)</sup>。

図-4はその実験の様子を示す。カーテンの向こうには被験者が座っており、被験者にはあらかじめ、“服の色を教えてください”という質問が与えられており、カーテンは2秒間だけ開く。その後被験者に、服の色を答えてもらうとともに、それが人間であったかどうかを尋ねた。その結果、動かないアンドロイドに対しては、77%の被験者が人間ではないと答えたのに対して、人間らしい微少な動きを伴うアンドロイドでは、70%の被験者が人間であったと答えた。すなわち、2秒程度であれば、アンドロイドは人間とは気づかれることはない。

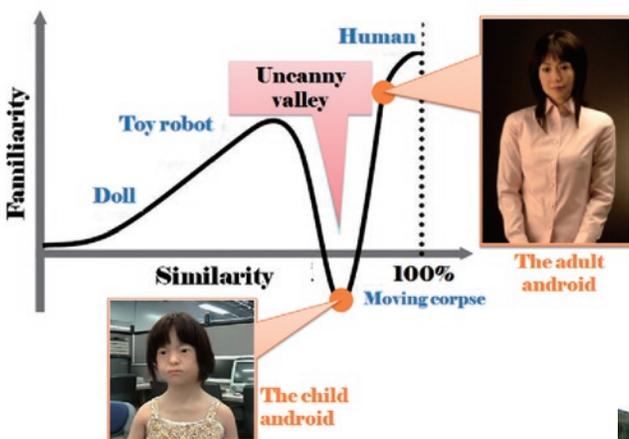


図-3 不気味の谷

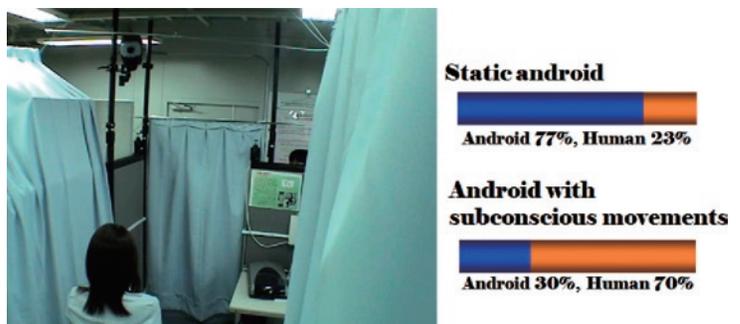


図-4 意識的認識に関する実験

また、状況を整えれば、その時間はさらに延びるとも予想される。

### 無意識的認識

2秒という短い時間では、アンドロイドは人間と区別がつかないものの、それ以上の時間が経過すれば、すぐにアンドロイドであることが分かる。しかし、無意識的にはどのように認識しているのだろうか。この問いに答えるために、アンドロイドと対峙する被験者の目の動きを調べてみた<sup>7)</sup>。

人間は人間と対峙するときには、じっと相手の目を見つめ続けるのではなく、時折目をそらす。この目をそらす理由には、Arousal reduction theory (周囲からの刺激を軽減するために視線をそらすという説)、Differential cortical activation hypothesis (脳のさまざまな活動が目の動きに反映されているという説)、Social signal theory (自らを社会的な存在だと知らしめるために目を動かすという説)の3つがあると言われる(排他的ではない)。特に、Social signal theoryはこのアンドロイドの実験において重要で、そこでは、社会的にかかわるべき相手と認識するときにかかる視線の動きであるとしている。

実際の実験結果を図-5に示す。右から被験者が人間を見た場合、三菱重工のワカマル(ロボットらしいロボ

ット)を見た場合、自然な動きを伴ったアンドロイドを見た場合の視線の動きを示している。内側のグラフは、簡単に答えられる質問を受けたときの目の動きで、外側のグラフは、答えるのが難しい質問を受けたときの目の動きである。この3つのグラフを比べると、人間を見るときとアンドロイドを見るとき目の動きは、ほぼ完全に一致していることが分かる。すなわち、意識的にアンドロイドであるということが分かっても、無意識的には人間に対する場合と同じ反応を示しており、無意識的にはアンドロイドを人間と認識している可能性がある。このことは、アンドロイドの技術的・科学的な実験プラットフォームとしての可能性を示唆するものである。

### アンドロイドサイエンス

このように、アンドロイドはコミュニケーションロボットとして1つの形態であるだけでなく、それ自体が人間理解のためのテストベットとなる。逆に、アンドロイドをより人間に近づけるには人間理解を目的とした、心理学や認知科学からの知識が必要となる。このような工学と科学が、アンドロイドを介して密に結びついた枠組みを、アンドロイドサイエンス<sup>1), 2)</sup>と呼ぶ(図-6参照)。

従来のロボット工学においても、特に人間と相互作用するロボットの開発では、認知科学などの科学分野から

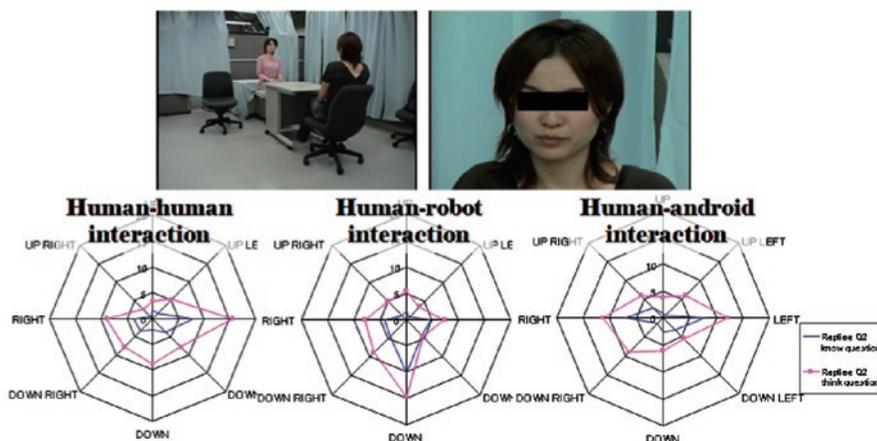


図-5 無意識的認識に関する実験(板倉との共同研究)

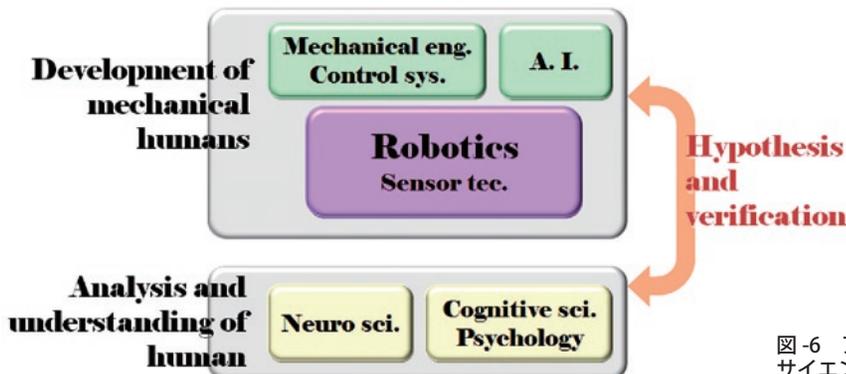


図-6 アンドロイドサイエンス

## 2. アンドロイド、ジェミノイドと人間の相違

多くのヒントを得てきた。しかしながら、開発されたロボットそのものの認知科学への貢献は不十分である。特に、見かけと動作を常に明確に分離して議論することが難しい人間とロボットのかかわりに関する研究においては、従来のロボットらしいロボットは、認知科学のツールとしては不十分な点が多い。この問題の多くは、人間と見かけが酷似したアンドロイドを用いることで克服できると期待される。また、認知科学からヒントを得る工学においても、そのヒントが人間らしい動作のみを前提としたものか、見かけと動作双方を前提としたものかを明確に区別することも、時として困難である。アンドロイドサイエンスでは、より直接的に認知科学の知見を工学的なアンドロイド実現に取り込むと同時に、認知科学や脳科学のための検証道具として、アンドロイドを利用することができる。

### ジェミノイド

アンドロイドの開発においては、人間に酷似した見かけと微細な動きに加えて、ある程度の知覚機能も実現できた。しかしながら、その対話能力は非常に限られており、人間とかかわれる時間は限られている。その主な要因は音声認識の難しさにある。人間らしい見かけや動きに釣り合った音声認識の性能がないと、不気味さが生まれる。先に述べた女性のアンドロイドシステムのように、状況や目的を非常に限定すれば、多少なりとも人間らしい対話ができるが、現在の音声認識技術に基づく対話は、人と自由に話ができるまでには至っていない。

この音声認識の問題の克服は非常に困難である。たとえ音声認識そのものはある程度うまくできたとしても、人間らしく話をするには、音声信号から、感情などの多くの情報を読み取り、発する言葉やとるべき動作を選ぶ必要がある。この問題を解決することは、ほぼ完全な人

工知能を完成させることに近く、当面は完全な解決は期待できない。

そこで、アンドロイドに遠隔操作で対話(遠隔対話)できる機能を実装することにした。アンドロイド以外にも家庭内や公共施設でサービスを行う人間型ロボットの開発が進められているが、この遠隔対話の機能はそういったロボットらしいロボットにも必要である。もっとも、ロボットらしい見かけを持つロボットに期待される対話は、必ずしも人間らしさがなくてもよい。しかしながら、人間が尋ねるあらゆる問いかけに答えるロボットを実現することは難しく、ゆえに、そういったロボットにおいても遠隔対話の機能が必要となる。

### ジェミノイドの開発

この遠隔対話の機能を持つアンドロイドのモデルには自分自身を選んだ。その主な理由は、以下の通りである。これまでに造った女性アンドロイドでは、十分強力なアクチュエータを埋め込むことができず、そのため、腕の動きなどに不自然さが残った。男性の体であれば、より強力なアクチュエータを埋め込むことができる。また、これまでに造ってきたアンドロイドにおいて常に気になっていたのは、アンドロイドになった本人はどのように感じるかということである。自分がアンドロイドになれば、自分でその感覚を体験できる。さらに、自分のアンドロイドを作って遠隔対話を実現すれば、インターネットを介して遠隔地に存在することが可能になるかもしれない。

開発したシステムを図-7に示す<sup>9)</sup>。このアンドロイドには、アンドロイドと同じレベルのカテゴリの名称として、ジェミノイドという名をつけた。双子という意味であり、実在人間の遠隔操作型アンドロイドと定義している。

ジェミノイドの遠隔操作は、2つの画面を見ながら、

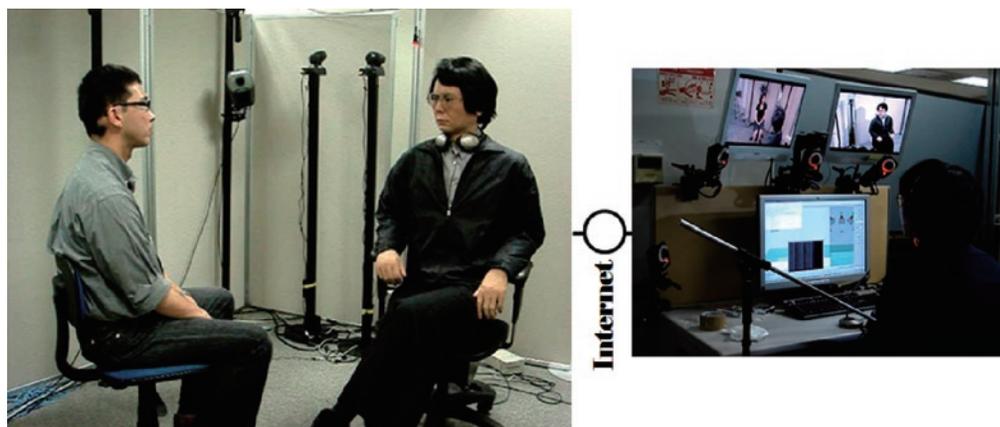


図-7 ジェミノイド(ATR 知能ロボティクス研究所開発)

ジェミノイドの大まかな動作をボタンで選ぶことで行う。2つの画面には、ジェミノイドの体と訪問者がそれぞれ映し出されている。また、操作者の目の前のコンピュータの画面には、右を向く、左を向く、うなづくというような動作を選択するためのボタンが表示してあり、操作者は対話をしながら適宜そのボタンを押す。操作者が選んだ動作は、アンドロイドを開発した際に実装した、微少な無意識動作と重ね合わされ、ジェミノイドの体を使って表現される。

この遠隔操作で最も重要なのは、ジェミノイドの唇の動きと、操作者の声が完全に一致することである。このために、操作者の唇の周りにマーカを取り付け、モーションキャプチャシステムで正確にその動きを計測し、ジェミノイドに送っている。この唇の動きと声の同期はジェミノイドの対面している訪問者に、ジェミノイドが話している感じを与えるために重要であるだけでなく、遠隔操作をする操作者にとっても重要である。操作者はモニタを通して、ジェミノイドの体の動きを見ているが、自らの発する声とジェミノイドの動きが同期している様子を見ることで、それがまるで自分の体であるかのような錯覚を覚える。

一方、このシステムにおいて難しいのは、時間遅れの問題である。ジェミノイドと訪問者のいる部屋には、マイクロフォンが設置してあり、操作者はその音声をモニタリングしている。このとき、操作者の声は、インターネットを通じて送られるので、時間遅れが生じて聞こえる。人間はほとんど遅れのない自分の声をモニタしながら話しているのに慣れていないため、自分の声が遅れて聞こえてくると、普通に話をするができなくなる。この問題を解決するために、インターネットに送る前の声と、ジェミノイドと訪問者がいる部屋から送られてくる音声を合成して、操作者に聞かせている。合成すると、時間遅れがほとんどない声と、0.5から、1秒ほど遅れて聞こえる声を同時に聞くことになるが、対話には支障がなくなる。

### 対話による適応

開発したジェミノイドには、それまでのアンドロイドにはない強い引き込み感がある。ジェミノイドが対話せずただ座っているだけであれば、その印象はアンドロイドと変わることはない。しかし、いったん遠隔対話を始めると、訪問者も操作者も非常に強い引き込み感を感じる。

訪問者は最初のうち、ジェミノイドの周りにあるカメラやいろんな装置に目をやるが、対話を始めて5分も経てば、自然にジェミノイドの目を見て話をするようになる。一方操作者も、モニタを見ながら話しているのであ

るが、それが非常に窮屈に感じる。ジェミノイドはその複雑なメカニズムから、取れる動作がかなり限定されている。対話が始まってしばらくすると、操作者は無意識にその限定されたジェミノイドの動きに、自分の動きを合わせてしまうような感覚を持つ。これらの現象は、精緻な実験によって確かめられたものではなく、筆者本人を含め数人の体験をもとにした議論である。現在これらの現象を精緻な実験によって確認すべく研究を進めている。

この引き込み感に関してより興味深い現象は、しばらく対話した後に、訪問者がジェミノイドの頬を突くような動作をすると、操作者は頬を突かれた感じを持つことである。ジェミノイドの皮膚には、アンドロイド同様に多くの触覚センサが取り付けられているが、そういったセンサ情報は一切操作者に送っていない。操作者は画面を見ながら対話するだけで、このような感覚を持つのである。この現象も現在脳科学的な手法で検証を試みている最中であるが、あえてその原因を説明すれば以下のようなことかもしれない。人間の脳には、人間を認識するモデルがあり、そのモデルの一部が人間に酷似した見かけや動き、さらには対話によってマッチングすれば、人間は無意識に人間であるという予測の下にそれとかがわかるようになる。その予測が実際には触られていない皮膚に感覚をもたらしている。

このジェミノイドを用いれば、通常のミーティングを行うことも可能である。実際のミーティングシーンを図-8に示す。このミーティングでも先の1対1の対話と同様に、参加者は最初の数分間、ジェミノイド以外の物を見たり、ジェミノイドの対話を無視しがちになる。しかし、5分も経つと、皆自然にジェミノイドの目を見ながら自然にミーティングに参加できる。特に、学生の反応は興味深く、筆者が話している状況では、本当のミーティングと同様に、ジェミノイドの体に触ることをためらう。学生にとっては、このジェミノイドの持つ存在感はかなり本人に近いものであると推察される。このミーティングにおけるジェミノイドの存在感や、人間らしい権威の表現についても、より長期的かつ精緻な実験によって確かめられなければならない。

### ジェミノイドを用いたアンドロイドサイエンス

女性アンドロイドを作ったときの技術的および科学的問題は、“人間らしさ”であった。人間は人間のどこに人間らしさを感じるのか、それをどのようにすれば、アンドロイドで表現できるのかを問題にしていた。しかしながら、アンドロイドが人と自然にかかわれる時間は比較的短く、またたとえ長い間かかわったとしても、人間らしさを維持するためには、そのかかわり方は非常に限

## 2. アンドロイド、ジェミノイドと人間の相違

定されていた。一方、ジェミノイドではより長くかかわることができ、そこで扱える問題も、単なる“人間らしさ”から、“人間らしい存在”をどのように感じるかという問題に発展している。

人間らしい存在にかかわるいくつかの問題には、以下のようなものがある。

### 自己に対する自己の認識と他人の認識

ジェミノイドを開発した際、最初動かないジェミノイドは私にとっては、鏡のように見えた。もっともいつもとは違った角度からも自分を見ることができるので、その点では多少奇妙に感じるが、おおむねそれが自分であることに疑いはなかった。しかし、研究グループのメンバーがその動作を実装したときには、私自身にはそれが自分の動作であるとは思えなかった。実際には私の動作をビデオに撮って、丁寧に同一の動作を再現しているので、その動作が私のものであることには間違いないのであるが、無論、研究グループのメンバーは口をそろえて、そっくりであると言った。

この体験が教えることは、我々が自分自身について正確に認識していないということである。しかし、まったく自分自身を認識していないと、社会生活を営むことはおそらくできない。適度に自分自身を認識しないことが重要で、それがどの程度に保たれるべきかを明らかにすることは、人間の持つ社会性にかかわる機能や自己認識に代わる機能の重要なパラメータを明らかにすることになる。そしてさらにこの問題は、自己とは何かという問いへと発展する。

### 存在感と権威

ジェミノイドとの対話で訪問者は、筆者の存在感を感じるとともに、学生に至っては権威さえを感じている。これには、人間らしい見かけ、動きに加えて、対話が

きくかわるが、それらがどの程度必要か、どの組合せにおいて、最も存在が効果的に表現できるのかという問題は、アンドロイドやジェミノイドのような特殊なロボットの開発においてのみ重要な問題ではなくて、人とかわるさまざまなメディアに共通する基本的な問題である。

本稿の冒頭でも述べたように、人間は人を擬人化する能力を持ち、人間の脳の多くの機能は、人を認識するために使われる。そういった人間の脳の機能を解明するためにも、人間が存在感を感じるミニマムな条件は何かを探究することは重要であると思われる。

### 人間の存在(脳と体の分離)

操作者と訪問者の双方共に、対話を通してジェミノイドのシステムに引き込まれ、適応することができる。いったんジェミノイドを介した対話に慣れると、ある程度のレベルでそれが自然な対話であるかのように感じる。無論、自らが直接話をする状況と比べて同一ではなく、それとはかなり異なるが、インタフェースの改良を伴えばそういった違和感はさらに緩和され、かなり自然な対話が可能になると予想させられる。その意味では、現時点でのジェミノイドにおいても、人間の存在が表現できている。

特に、訪問者がジェミノイドの頬を触ったときに、操作者にも頬を触れた感覚がもたらされるという現象は、操作者がジェミノイドの体を自分の体であると認識しているともとれる。すなわち、操作者はインターネットを介して遠隔地にあるジェミノイドの体を自分の体だと錯覚することができるのである。これは、人間と比べればバンド幅が非常に細いと想像されるインターネットによって、脳と体がつながれている状態、いわば脳と体がインターネットを介して分離した状態にある。

これから考えられる基本問題は、人間の脳と体はどれ



図-8 ジェミノイドによる会議

ほどの情報のやりとりがあればつながり、または、逆に離れてしまうのかということである。ジェミノイドの現在のシステムでは、2つのモニタを見ているが、そのモニタは1つでもいいのか、対話はどれくらい自動的な応答と置き換えてもいいのか、そういった問題をジェミノイドのインタフェースを変えながら考えていくことは非常に興味深い。

このように、ジェミノイドはアンドロイドにおける“人間らしさ”という心理学的、認知科学的研究を、“人間の存在”というある意味、哲学にも近い問題に発展させるものであり、そういった哲学的な問題を考える機会を与えるロボットはこれまでになかったように思う。

### アンドロイド、ジェミノイドと人間の相違

アンドロイドやジェミノイドは、一瞬それを見れば人間に酷似しており、特に一般の人々には、誤解を与えやすい。これらの研究の最も重要な点は、それらを開発することによって、いかにそれらが人間と異なっているか、いかに人間が複雑であるかということに気づかされる点である。たとえば、アンドロイドに人間らしい動きを実装すると、それは、とたんに人間らしくなり、開発している当事者もかなり驚かされる。しかし次の瞬間、何か人間と異なる点にもすぐに気づく。そして、その新たに気づいた人間とは異なる点を克服しようと、さらに改良を重ねるのであるが、その改良は、以前の改良よりもさらに難しくなる。より深い人間に関する知識が必要となり、果てには、心理学や認知科学にもない知識が要求され、人間理解とアンドロイド開発を同時並行的に進めなければならなくなる。すなわち、アンドロイド研究とは、人間とアンドロイドがどれほど遠いかを知るための研究である。

無論、状況や目的を限定すれば、それは人間と見分けがつかない場合が出てくるし、無意識的には、人間はアンドロイドを人間として扱うことが多い。アンドロイドが人間と同じになる日は果てしなく遠いが、ここにアンドロイド技術の可能性やアンドロイド研究の意義がある。

人間とは何かを考えると、人間は総体として人間

であるわけで、状況や目的を限定した一側面を見て、それが人間であるかどうかを議論することにはほとんど意味がない。しかし、人とかがかわるロボットやメディアの技術であれば、それが一瞬でも親和性の高い人間のようなものになることには大きな意味がある。どのような状況で、どのような目的において、そのロボットが人間らしくまた、人間に親和的になるのか、そういった研究のテストベットとして、アンドロイドやジェミノイドがある。

#### 参考文献

- 1) Ishiguro, H. : Android Science : Conscious and Subconscious Recognition, Connection Science, Vol.18, No.4, pp.319-332 (2006).
- 2) Ishiguro, H. : Scientific Issues Concerning Androids, Int. J. Robotics Research, Vol.26, No.1, pp.105-117 (2007).
- 3) Mishima, M., Hirata, K. and Ishiguro, H. : Study on Electromagnetic Linear Motor Applicable to an Android, Proc. Magnetodynamics Conf., pp.443-445 (2006).
- 4) Inoue, M., Sasaki, H., Suganuma, K., Kawasaki, T., Rokuhara, T., Miyashita, T. and Ishiguro, H. : Development of an Electronic Packaging Technique Using Conductive Adhesives for Novel Human-machine Interfaces, Advances in Technology of Materials & Materials Processing Journal, Vol.9, No.1, pp.49-54 (2007).
- 5) Ishiguro, H., Sogo, T. and Barth, M. : Baseline Detection and Localization for Invisible Omnidirectional Cameras, Int. J. Computer Vision, Vol.58, No.3, pp.209-226 (2004).
- 6) Mori, M. : Bukimi No Tani (the Uncanny Valley), Energy, Vol.7, pp.33-35 (1970).
- 7) Shimada, M., Minato, T., Itakura, S. and Ishiguro, H. : Evaluation of Android Using Unconscious Recognition, Proc. Int. Conf. Humanoid Robots, pp.157-162 (2006).
- 8) Noma, M., Saiwaki, N., Itakura, S. and Ishiguro, H. : Composition and Evaluation of the Humanlike Motions of an Android, Proc. Int. Conf. Humanoid Robots, pp.163-168 (2006).
- 9) Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Ishiguro, H. and Hagita, N. : Android as a Telecommunication Medium with Human Like Presence, Proc. Int. Conf. Human-Robot Interaction (2007).

(平成 19 年 11 月 8 日受付)

石黒 浩 (正会員) ishiguro@ams.eng.osaka-u.ac.jp

1991 年大阪大学大学院基礎工学部研究科物理系専攻修了。工学博士。同年山梨大学工学部情報工学科助手。1992 年大阪大学基礎工学部システム工学科助手。1994 年京都大学大学院工学研究科情報工学専攻助教授。この間、1998 年より 1 年間、カリフォルニア大学サンディエゴ校客員研究員。2000 年和歌山大学システム工学部情報通信システム学科助教授。2001 年より同大教授。2002 年より大阪大学大学院工学研究科知能機能創成工学専攻教授。ATR 知能ロボティクス研究所客員室長。専門は知能ロボット工学、パターン認識、センサ情報処理。