

# 工学と科学の融合

—アンドロイドサイエンス—



石黒 浩\*

## Integration of Engineering and Science —Android Science—

Key Words : Android, humanoid robot, engineering, science, integration

### 研究のきっかけ

1999年に韓国で開催されたロボットの国際会議 IROS99に参加するために乗り込んだバスの車中、なんとなく、今アンドロイドを作ろうという気になった。それまで、日常活動型ロボットやコミュニケーションロボットの研究をしてきたのだが<sup>[石黒02,03]</sup>、何か足りない気がして、特にロボットとは何か、ロボットのタスクは何かという最も基本的な問いに自分自身答えが曖昧だった。考えれば考えるほど、ロボットの研究そのものが既成概念に縛られている気がした。いろいろ考える中、なぜロボットはロボットらしく(いわば人間型)なければならないか、そのロボットは何をするのかという問いに対して自分で出した答えは、

*人間型ロボットは人間と関わる究極のメディアである*  
という考えである。洗濯や掃除など特定の仕事をするために、人間型のロボットは必要ない。そういうように考えると、人間の姿形が唯一必要となるのは、人間とのコミュニケーションである。いつかは非常に高性能な人間型ロボットが開発され、まさに人間のように働く時代が来るかもしれない。しかし、今合理的な理由を見つけるなら、自分自身は、メディアとしてのロボットが唯一合理性をもった人間型ロ

ボットに思える。

そうならば、やらなければならないことは自ずと定まる。これまでの自らの研究を見直してみても、明らかに欠如しているのは、その見かけに対する研究である。

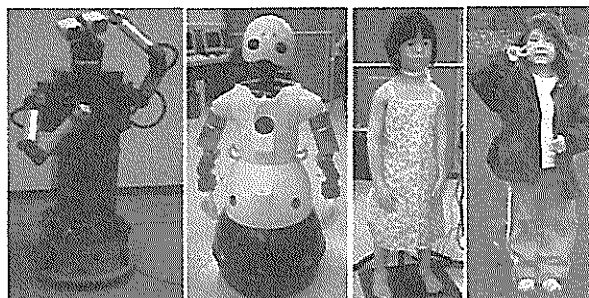


図1 これまでに開発したロボットと人間

図1にこれまでに開発したロボットを並べてみた。左端が、ATR知能ロボティクス研究所で開発したRobovie、そのとなりが、その研究をもとに三菱重工が開発したWakamaruである。この2つをみて、そのデザインには大した理由はなく、何となくロボットである。しかしながら、メディアとしてのロボット、すなわちコミュニケーションを目的にしたロボットを考えるなら、その見かけは非常に重要であることは直感的に明らかである。試しに作った人間そっくりの見かけを持つロボットが3つ目のアンドロイドである。4つ目は人間であるが、この3つめのアンドロイドはそのほぼ完全なコピーになっている。このアンドロイドを作ってみて、人間の姿形が人間に与える影響の大きさを再認識させられた。ロボットが発話したりいろんな動作をすることと同じか、時にはそれ以上に単なる見かけが人間に大きな影響を与える。コミュニケーションロボットを研究するに



\* Hiroshi ISHIGURO  
1963年10月生  
1991年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了  
現在、大阪大学大学院・工学研究科・知能・機能創成工学専攻、知能ロボティクスグループ、教授、工学博士、ロボット工学  
TEL 06-6879-4180  
FAX 06-6879-4180  
E-Mail ishiguro@ams.eng.osaka-u.ac.jp

はもはや見かけは無視できない重要な研究課題であると確信した。

### アンドロイドサイエンス

この見かけをも含んだ研究は、工学の知識だけで取り組むことは難しい。人間が人間をどのように認識しているか、人間は人間とどのようにかわるかという認知科学や心理学の知識が必要不可欠である。筆者が、アンドロイドサイエンスと呼ぶ研究枠組みでは<sup>[石黒05]</sup>、人間と表面的に酷似したロボット(見かけと動作において)、すなわちアンドロイドの開発を通して、工学と科学が接点を持つ、すなわち、人間を模して形作られたヒューマノイドロボットの姿が、どこまで人間に近づくべきか、ロボットの見かけと動作がどのような関係を持つのかといった問題を、ロボットを実現する工学と、認知科学など人間そのものを研究する科学の接点において研究する、図2にその研究枠組みを示す。

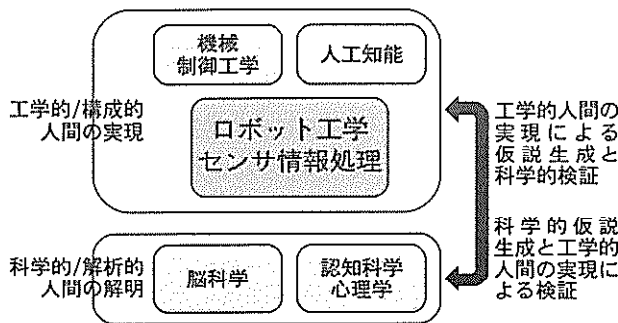


図2 アンドロイドサイエンス

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。見かけと動作を常に明確に分離して論議することが難しい人間とロボットの関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。

### アンドロイド開発

アンドロイドを開発するには、人間に酷似した姿形、人のような動作、人間に近い知覚能力の3つを実現しなければならない。全てについて紹介できないので、人間に酷似した姿形の實現方法を簡単に紹介しよう。

人間と酷似した姿形は、人間そのものを元に作り出す。アンドロイドの制作過程は次のようである。まず、人間から形状記憶フォーム型をとり、石膏で各パーツの雄型を作る。それらをつなぎ合わせた後、石膏で雌型をとり、さらに粘土で全身の雄型を起こす(図2左下図)、人間は柔らかい皮膚を持っているため、型そのものは完全ではない。この粘土に写真等をもとにして造形を施すことにより、より自然な形を再現する。その後、再び石膏で雌型をとり、さらにはシリコン樹脂によって雄型を起こす(図2左上図)。このシリコン樹脂の雄型がマスターとして保存され、以後これをもとに複数の皮膚(図1右)を作ることができる。皮膚は、厚さが約5mmで、その内部には、ウレタンフォームで覆われたモータなどと機械部品(図2上中央)が仕込まれる。図3にその様子を示す。

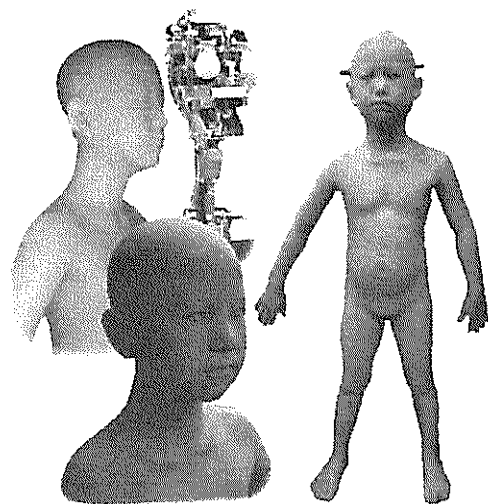


図3 アンドロイド造形プロセス

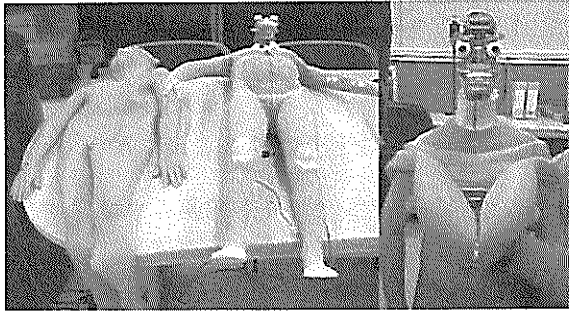


図4 皮膚と内部構造

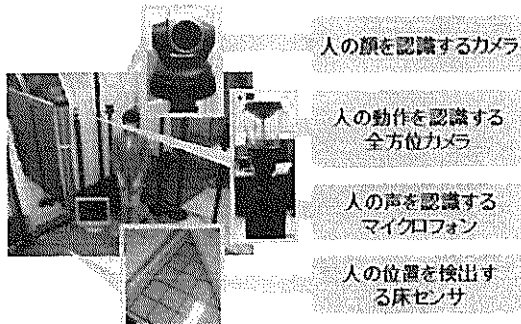
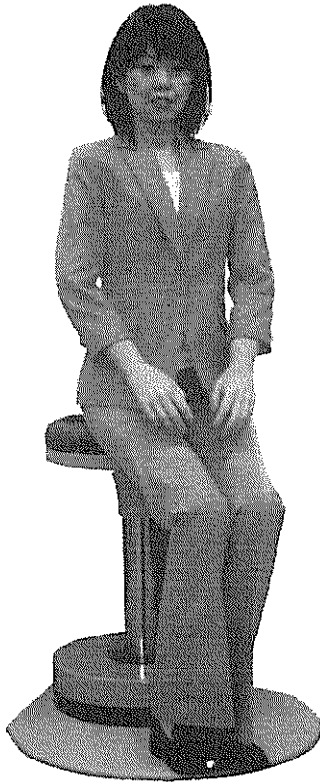


図5 愛知万博に展示されたアンドロイド

図5に示すのは、アンドロイド開発に必要な3つの要素を現時点での技術で組み合わせて開発した成人型アンドロイドで、愛知万博で展示されたものである。人間らしいどうさを実現する42本のエアークチュエータからなり、全身に皮膚センサと周りに、床センサ、カメラ、マイクロフォンを備える。

### アンドロイドを用いた認知研究

このアンドロイドを用いると、認知科学的にも興味深い研究に取り組める。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。この科学的研究と工学的研究の接点は、アンドロイドによるトータルチューリングテストによって探ることができると思う。チューリングテストとは、コンピュータの応答が人間の応答とどれくらい近いかを試すテストであり、コンピュータで実現される人工知能の最終的な評価基準とされてきた。本研究で開発するアンドロイドは、その姿形や動作までが人間と見分けのつかないものを目指す。すなわち、姿形や動作を含めて人間との差異を問う、トータルチューリングテストが可能となる。

このトータルチューリングテストを目指す過程で問題となるのが、不気味の谷の存在である。不気味の谷は、森らによって発見された現象で<sup>[70]</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が増すが、ロボットが人間にかなり近づいたところで、急に親近感が負になる。その谷を不気味の谷と呼ぶがそこでは、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。逆に言えば、

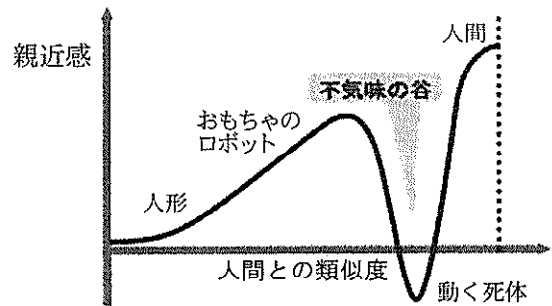


図6 不気味の谷

姿形を極端に人間に近づけたり、人間らしい動作を伴わせることで、この不気味の谷を越えることが可能であると期待される。

トータルチューリングテストは、技術と科学が融合した単純明快なゴールであるが、研究を進める上では、この不気味の谷をどのように越えるか、越えたならなぜ越えられたかを理解することが、人間とロボットの相互作用、さらには、人間のコミュニケーションの原理に迫ることにつながる。

#### おわりに

ロボット研究は単なる工学の領域から科学との融合領域に踏み出そうとしている。特に人間と関わるロボットにおいては、人間理解とロボット開発を同時に進めることが重要である。これは、ロボットに限る問題ではない。様々な工学システムがより高度に、より人間に近くなる中で、工学と科学の融合はそこかしこで起こりうる。

このような工学と科学の融合は、自分がなぜロボットに興味があるか、なぜ研究しているか、そういった根本的な問題に少し近づいた気配を感じさせる。

#### 参考文献

- [石黒 02] 石黒 浩, 神田崇行, 宮下敬宏, 間瀬健二, 日常活動型ロボット Robovie, ロボット (日本ロボット工業会機関誌), No.147, pp.22-28, 2002.
- [石黒 02] 石黒 浩, 知能ロボットへの構成論的アプローチ 情報処理学会, vol.44, No.11, 通巻465号, pp.1118-1122, 11月号, 2003.
- [石黒 02] 石黒 浩, アンドロイドサイエンス, システム/制御/情報, vol.49, No.2, pp.47-52, 2005.
- [森 70] 森 政弘, 不気味の谷, Energy, Vol.7, No.4, pp.33-35, 1970.

