展 望

人のかたちの人工物

—ヒューマノイド・デザインについての一考察—

Human-Shaped Artifacts

—A Study on Humanoid Design—

山 中 俊 治* *リーディング・エッジ・デザイン

Shunji Yamanaka* *Leading Edge Design

1. 人の形の機械

社会通念としてのロボットは、「人の形の機械」または「機械でできた生物」である。このことは、もちろん多くのロボット研究者によるロボットの定義とは異なっている。しかしデザインとしてロボットを考えると、社会的な共通認識に基づく記号性は避けて通れない。

産業用のロボットについては、多くの人がロボットと呼ぶことに違和感を持たない。しかし、実際問題として工場設備の中で、ロボットと呼ぶべき部分がきちんと識別されないまま「自動工場＝ロボット」として認知されているに過ぎないのではないかと。少なくとも、ロボットらしい形として工場用ロボットが認知されているとは考えにくい。一方、様々なフィクションの中で、未来のロボット社会といえば、大小の人型ロボットが人に交じってうろうろと歩き回っているシーンが描かれる。人々のイメージの中にあるロボットの将来像は、擬人化された個体の群れである。

2. 生物的风格に合理性はあるか

実用的な見地から見れば、人の形あるいは、生物の形に似せてロボットを作ることの合理性は薄い。そのことをいくつかの視点で考察してみよう。

2.1 素材と製造方法の視点

多くの生物の体は、水溶液中の化学反応を基礎としている。海で進化した動物は、身体を水の袋にすることによって陸上への進出を果たした。したがって、生物の体は多量の水分を含んでおり、常に湿っている。また生物の体の多くは柔らかい素材からなり、成長によって成形される。一つの細胞から分化して個体となっていく過程で、生物の外観上の特徴である「連続性」がもたらされる。

これに対して、多くの人工物は、乾いていて固い素材が用いられる。製造は通常アセンブリによって行われるので、全体として一体感があつたとしても各部は明快な境界を持

ち、個々のパーツに分かれている。

湿っていて、柔らかく、連続的に成形される生物の体が、しなやかな曲面を基調とすることは極めて合理的なことであるが、人工物においてはあまり必然性を持たない。流体力学や人間工学などの機能的合理性から連続曲面が用いられることもあるが、その用途は限定的であり、人工物全体の基調とはなり得ない。多くの場合、工業製品の有機的な形は、あくまでも美的観点からの生物的スタイルの引用である。

ただし、将来、我々が柔らかい素材による柔軟な機能分化や成長、修復などの機能を組み込んだ人工物を開発すれば、必然的に生物に似ることもあり得る。

2.2 構造的な視点

ロボットの動力には通常モータが使われる。モータが発生するのは一つの軸を中心とした回転力なので、一つのモータをそのまま1自由度の関節に用いることは合理的である。産業用ロボットなどでは、一関節一動力を基本とし、これを連結して多自由度のアームを実現しており、必要な自由度の数だけ関節があるというのが通常である。これに対し、多くの生物の動力は筋肉である。筋肉は、十分な作動量を得るためにはかなり長さを必要とするが、作用点は小さな腱でよい。この特性を利用して自然界はロングスパンの多自由度関節を採用した。2ないしは3自由度の球体関節の周りを多数の腱が取り巻き、様々な方向に引っ張ることで自在の動きを実現している。結果的に人体には、同じ自由度でも産業用のロボットに比べるとはるかに関節の数が少ない。基礎技術の違いが基本的な骨格構造の違いとなる。

このような事実を踏まえてみると、ヒューマノイド・ロボットにおいては、人と同じように見える骨格を実現するために、かなり無理な設計が行われている。前述のように人の骨格は多自由度の球体関節が基本になっているが、球体関節にうまくモータの力を伝える効率的な技術は確立していない。したがって多くのヒューマノイドでは、球体関節を用いる代わりに、複数の1自由度関節を非常にせまいエリアに押し込むことによって、多自由度関節のように見せかけている。

人の鍛え上げられた骨格は、関節と関節の間に筋肉のボ

原稿受付 2004年9月28日

キーワード: Humanoid, Design, Network Robotics, Interface

*〒192-0907 八王子市長沼町 104-2-1-7

*Hachioji-shi, Tokyo

リウムがあり、関節はスリムである。これは、筋肉と球体関節からなる身体が醸し出す機能美である。その最たるものがポリウムのあるふくらはぎとコントラストをなす、しなやかな足首である。

自由度が高く負荷の大きい足首は、人型のロボットにおいて、設計が最も難しいといわれている。3方向の高性能モータを非常にコンパクト配置しなければならない。その結果、配線の取り回しに苦勞し、慢性的なパワー不足、摩耗、オーバーヒートに悩まされることになる。少しでも大きなモータを用いようとすると、関節の周りが肥大し、関節間は貧弱な、人として見れば極めて不健康な姿になる。これをケースで覆ってポリウムが不自然にならないようにデザインすると妙に手足の太い、宇宙服のようになってしまう。

以上のように考えると、少なくとも、家事などの実践的労働を目的とするロボットが人に似ることは考えにくい。介護ロボットなど実用化が急がれている分野では安全性に対する要求も高い。人を抱き上げるための合理的な構造が追求されれば、人に似せる余裕はなくなるだろう。素材、構造、動力などの根本的な差異がまったく別なデザインを要求するからである。

2.3 個体であることの意味

さらにネットワーク上の存在としてのロボットを考えると、そもそも自律した個体として設計することの意味についても考察する必要がある。

人の体の内部には、神経系とホルモン分泌による高度な制御ネットワークが存在する。しかしこのネットワークは通常個体の内部に限定されている。生物は、進化の過程で体を水の袋として、生化学反応の環境を体内に閉じ込めることで、こうしたネットワークを実現した。このため、他の個体との通信手段は体内のそれに比べると非常に貧弱である。

人の場合、高度な認識能力が情報不足を補っているものの、音声や視覚をたよりとしたチャンネルでは、文字通り他人を手足のように使うことは難しい。

これに対し、ロボットの体を制御している体内LANは、容易に体外にも拡張され得る。体内の各部におかれたモータをコントロールするサテライトCPUは、原理的に外部のコンピュータとも連携可能である。したがって、高速の通信手段さえあれば、ロボットにとって自分の指先を動かすことと、少し離れた自動ドアを動かすことには本質的な差がない。

人は個体間の情報の途絶を補うために、様々な通信手段を開発してきた。しかしロボットは、初めからネットワーク上の存在である。将来、ロボットがユビキタスに存在する社会が来るとするならば、個体を識別することは不可能であるばかりか、ほとんど意味をなさないだろう。強いて

言えば、リアルタイムに制御できる範囲が個体ということになるのかもしれないが、それとて、刻々と変化する曖昧なエリアでしかない。

目の前に11体のロボットがいたとしてそれは本当に11体だろうか。全部で1体かもしれないし巨大な身体の一部かもしれない。ロボカップサッカーは、50年後に人と試合を行って勝つことを目標にしているが、最も難しいのはゴールすることではなく、人の側が負けを認めることができるルールを作り出すことかもしれない。

3. インタフェースとして擬人化

物理作業を行ううえでは合理性がなくとも、人とコミュニケーションを取るためには、笑顔の作れる顔や親切そうに振る舞う両手が必要なのではないかと考える研究者も少なくない。確かにインタフェース上、環境のエージェントとして人に向き合う個体は必要かもしれない。

既存のプロダクトにおいても、対話型インタフェースは数多く実現されている。しかし現状では、すでにコンピュータ上ならばかなりの擬人化インタフェースが可能であるにもかかわらず、主流にはなっていない。その理由は、既存のマシンの対話能力が低いからではなく、対話型のインタフェースが、必ずしも効率的ではないことに起因している。コンピュータの操作環境において、我々がよく目にする「この作業は取り消すことができません。削除してよろしいですか」などのダイアログボックスは、警告やヘルプなど作業をいったん中断する場合に多く用いられる。ツールが高度にインテリジェント化され、うまくデザインされていれば、道具は柔軟に選択肢を提示し、いちいち言葉で問い合わせる必要はなくなる。道具として違和感なく作業に没頭できるようになれば、デスクトップの脇にいるイルカなどは邪魔者でしかない。対話型の辞書ツールよりも、高速で文書作成をサポートする予測変換機能の方が洗練された道具なのである。

このように考えれば、親切で愛想をふりまくインタフェース・ロボットは、限定された場所と状況で使われることになるだろう。キャラクターをまったく感じさせないで、過不足なくサポートしてくれる環境の方が望ましいロボティクスのあり方といえる。

4. それでも人の形の人工物を作る

ここまで、人型のロボットを作ることに対する懐疑的な側面について論じてきた。これはヒューマノイドが、ある種のデザインであり文化的な意味を持つものであることを確認するためである。多くのヒューマノイド・ロボットの研究者達は基本的態度として人や生物の仕組みから何かを学ぶこと事態を目的としているが、機能的な側面で生物から何かを学ぶことと、最終的な成果物を人に似せて作るこ

とは明快に区別されなければならない。人工知能研究の成果であっても、ソフトウェアの学習機能に人格を付与する必要はないのである。

むしろ、文化的な側面から人に似せることの意味をとらえ直す必要がある。古来、人は人の形の人工物を作り続けてきた。人形、彫刻、肖像、偶像、マネキン、標識など様々な人の姿を作り続けている。人は人を作りたがる生き物であるということは認めても良いように思う。今私たちは、人の動きや反応をリアルタイムで再現できる技術的状况を迎えた。人とは何かを探ることは、自然科学の目標であり、同時に芸術の目標でもある。ヒューマノイド・ロボットはその融合点であり、究極の人類の目標であるのかもしれない。

いずれにしても、こうした考察は始まったばかりである。最後に私自身のロボットプロジェクトをいくつか紹介する。なかでも2体のロボットは、明らかに擬人的であるが、これまでのような考察に基づいて、あえて人に似せることの意味を探る試みである。

4.1 ヒューマノイド・インスタレーション Cyclops (図1)

「人らしさ」のエレメントの抽出を試みた Cyclops は、井上・稲葉らによる「背骨を持つロボットの研究」をベースに作られた展覧会用の展示作品である。この人型のマシンは台座の上に屹立していて人を眺める以外何もしない。球体関節を重ねた背骨の周りには、空気圧で駆動されるエア・マッスルが約50本配置されている。頭部に搭載された CCD カメラの画像をバックヤードのパソコンが解析して、人のサイズの動く物を抽出し、対象が視野の中央に来よう姿勢を制御する。結果として、ゆったりと滑らかな動きで来場者を目で追う。

ここでは知性と呼べるような認知シミュレーションを行っているわけではなく、追尾型の監視カメラと同じような情報処理が行われているに過ぎない。しかし、人々はそこに

図1 ヒューマノイド・インスタレーション Cyclops

知性のイリュージョンを見て、身振り手振りで語りかける。そっくりに作ることが必ずしも「リアル」ではないという認識に立つ、抽象芸術の手法を応用したアート作品ととらえることもできる。

4.2 小型ヒューマノイド morph 3 (図2)

科学技術振興機構の北野宏明と未来ロボット技術研究センターの古田貴之との共同研究。人工知能研究のプラットフォームとして開発された身長約38[cm]の小型ヒューマノイドである。ハードウェアとしては、高い機動性と広範な可動範囲を目指した。

デザインの視点で見ると、ここではロボット独自の機能美を試み、できるだけ人の美しさからは離れようとしている。重要な構成要素であるモータを機能と美的観点から再設計し、モジュール化し、露出することにより人工物らしい美しさを目指している。

4.3 Hallucigenia 01 (図3)

ハルキゲニア・プロジェクトは、ロボティクス応用としてパワーユニットを高度に分散したビークルの提案である。小さなホイールにセンサとモータとコンピュータを組み込

図2 小型ヒューマノイド Morph 3

図3 Hallucigenia 01

んで脚モジュールとする。脚モジュールは、それぞれに四つのモータを持つ自由度の高い小さなロボットであり、それがたくさん集まって床を支える。それらをネットワークでつないで協調動作させることにより、一つの乗用車ができあがる。8輪の1/5スケールの実験試作車を製作し、その場で回転する、真横や斜めに滑るように動く、歩く、車体を傾けずに段差や坂を上るなどの動きを実現している。実用的な目標としては、4輪の乗用車がうまく機能できなくなってしまった都市内を、自由に動き回れる車を想定できる。しかし、プロジェクトの目標は、組み込まれた小さなロボット群がもたらすトランスポーターションの可能性を提示することである。乗用車のデザインは百年を経て、すでに成熟した文化であるが、ロボティクスがまったく新しいスタイルをもたらすことを期待している。

参 考 文 献

- [1] 本川達夫：“ウェットウェアによる AL へのアプローチ”，日本機械学

会誌，vol.97，no.906，1994.

- [2] 鈴木誠：“筋肉に学ぶ分子運動駆動法”，日本機械学会誌，vol.97，no.906，1994.
 [3] 山中俊治：フューチャー・スタイル，p.48，アスキー出版，1998.
 [4] 遠藤，奥村，清水，田原，下村，古田，北野：“小型ヒューマノイドロボットののための高機能ネットワークモータドライバモジュール ‘morphheus’ の開発”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集，2003.
 [5] 古田貴之：“morph 3：全身運動が生成可能な小型ロボットシステム”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集，2003.
 [6] 山中俊治：“ロボットのいる風景”，季刊 d/SIGN，no.7，p.85，2004.

山中俊治 (Syunji Yamanaka)

プロダクト・デザイナー，リーディング・エッジ・デザイン代表。1982 年，東京大学工学部卒業。日産自動車（株）デザインセンターに勤務後，1987 年に独立。1991～1994 年，東京大学助教授。1991 年から G マーク選定審査委員。乗用車，腕時計，カメラなどの商品をデザインする一方，特に近年は，親指キーボード Tagtype やロボット，8 輪乗用車などの研究開発プロジェクトも推進している。