

ロボットはどこまでヒトに近づくか



研究室紹介

細田 耕*

Will there be a limit so that the ability of the robot becomes the ability similar to a humankind?

Key Words : ability of the robot, similar to a humankind, limit

はじめに

これまでのコンピュータに求められていた機能は、人間があらかじめコード化した情報を入力とし、内部の処理結果を出力デバイスに提示することでした。したがってそのインタフェースは、主に操作者である人間とやりとりをするためのキーボードやマウス、ディスプレイなどコンピュータの受動的な周辺デバイスを指しました。しかし、例えばロボットのように、コンピュータの役割が単なる情報処理装置ではなく、それを取り巻く環境と物理的に直接やりとりすることであるときには、受動的なデバイスだけではなく、環境に働きかける物理的インタフェースが必要になります。

実世界は、コンピュータの内部で用いられている表現のように離散的ではなく、連続的な状態からなっており、したがってコンピュータを情報処理装置として用いてきた方法をそのまま適用すると、ロボットは適応的に振る舞うことができません。実世界と適応的にやりとりする原理を理解するためには、ヒトの脳が身体というインタフェースを介して情報をやり取りするさまをさまざまな形で再現し、そこに存在する原理を見つめることが必要になると考えられます。ヒューマンインタフェース工学講座では、ヒトやヒューマノイドロボットが、それらを取り巻く環境と身体を介してどのように相互作用するかを、

さまざまなヒューマノイドロボットを開発することによって研究しています。

私たちの研究室、情報科学研究科マルチメディア工学専攻ヒューマンインタフェース工学講座は、吹田キャンパスの電気系E6棟4Fにあります。2010年4月に著者が研究室の担当教授となり、池本周平助教、成岡健一特任研究員らとともに研究室を立ち上げました。その後同年10月には、東北大学から清水正宏准教授を迎え、講座としての体裁を整えるに至っています。研究室には、ロボットを作成するための工作機械、ロボットのロコモーション（移動機能）を検証するためのトラックや、空間内の動きを把握するためのモーションキャプチャシステムなどを備え、本格的な研究がスタートしました。

空気圧人工筋

ヒトにできるだけ近いロボットを構成するためにもっとも重要な要素は、柔らかさです。特に、筋肉の持つ柔らかさと皮膚の持つ柔らかさは、ヒトの知能的な振る舞いに大きな影響を与えていると考えられます。

ヒトに近い筋骨格系を構成するために、われわれはマッキベン型空気圧人工筋を用いています（図1）。この空気圧人工筋は、ゴムチューブをナイロンのスリーブで覆った簡単なものですが、空気を供給することによって長手方向に大きな力を発生することができ、また同時にゴムと空気の伸縮性を利用して、筋に可変の弾性要素を実現することができます。この人工筋と、ヒトの構造を模倣した骨格を用いることによって、これまでさまざまなタイプのヒューマ



図1：マッキベン型空気圧人工筋



* Koh HOSODA

1965年11月生

現在、大阪大学 大学院情報科学研究科
マルチメディア工学専攻 教授
博士(工学) ロボティクス

TEL : 06-6879-7750

FAX : 06-6879-7750

E-mail : koh.hosoda@ist.osaka-u.ac.jp

ノイドロボットを試作してきました。

生物型ロボットの歩行・跳躍・走行

生物の筋骨格系が持つさまざまな特徴は、長年にわたる進化的適応によって生み出されており、その構造自体が歩行や跳躍、走行などさまざまなロコモーション（移動様式）を実現するために有利になっているはずだ。このような構造を利用すれば、これまで行われてきたようにロコモーションを情報処理として捉えて全てをコンピュータ制御するのではなく、身体の構造によって自然かつ適応的に運動を生み出すことができるのではないかと考え、ヒトや四足動物の下肢構造を模したロボットを試作、その機能を実験的に検証しています（図2）。

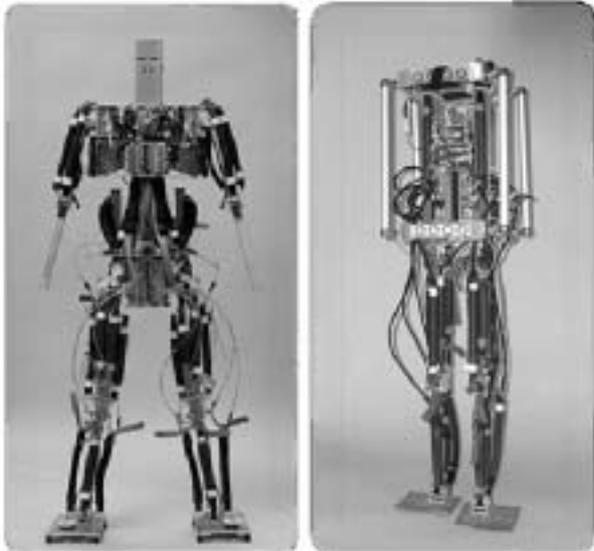


図2：ヒトの下肢の筋肉構造を模倣したヒューマノイドロボット

筋骨格構造を利用した適応的運動生成

ヒトは、筋肉の持つ柔らかさと骨格の持つ異方性を利用して日常のさまざまな作業を実行していると考えられます。また筋骨格系は多数の筋肉からなる冗長系ですが、このような多数の筋肉からもたらされる協働作用によって、適応性を生み出しているとも考えられます。このような側面を、筋骨格構造を持つロボットを試作することによって検証しようという研究を進めています。

例えば図3のロボットはヒトの上肢構造を模した筋骨格構造を持っていますが、このような構造が生み出す運動は、ヒトに似た偏りを持っていると考え

られます。ヒトは自分たちが作業をしやすいように環境を作り上げてきており、したがってヒトと同じような運動の偏りを持ったロボットは、そうでないロボットに比べてヒトと同様の作業をしやすいのではないかという仮説を立てることができます。このような仮説を開発したロボットによって検証することができると考えています。



図3：ヒトの上肢の筋肉構造を模倣したヒューマノイドロボット

ロコモーション発達についての構成的研究

生物のロコモーションは、どの程度生得的に脳内にコーディングされているのでしょうか。最小限の埋め込みと、環境と柔らかい身体との相互作用によってロコモーションが発達するという考え方が、生物にとっては妥当であるように思われますが、従来のモータ制御によるロボットは、身体が硬くなる傾向が強く、このような研究を進めることが困難でした。

われわれの研究室では、空気圧人工筋によって駆動される赤ちゃんロボットを試作し（図4）長時間の学習実験を通して、柔らかい身体を持つことと赤ちゃんのロコモーション（はいはいや寝返り）の間にどのような関係があるかを調べる試みを進めています。また、実際の赤ちゃんを観察することにより、人工筋ロボットによって得られた仮説が妥当であるかを検証する実験も進めています。

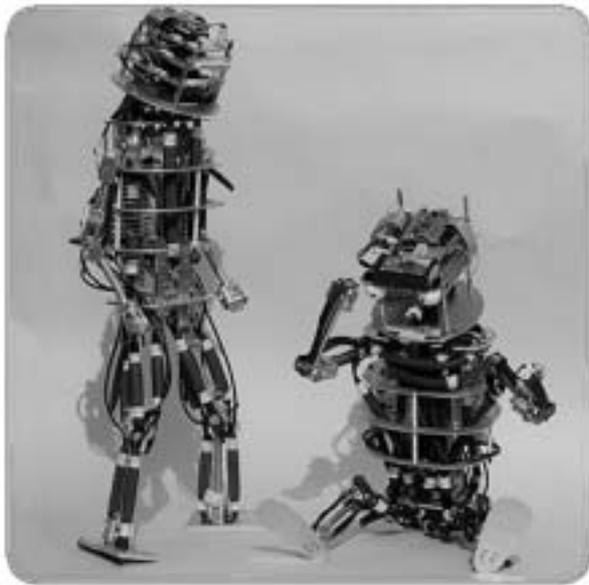


図4：柔軟な筋骨格構造を持つ赤ちゃんロボット

人工皮膚を持つバイオニックハンド

もうひとつ、ヒトの知能的な振る舞いを支える重要な要素は、皮膚がもたらす柔軟性です。柔軟な皮膚を持つことによって、対象を安定に握ることができると同時に、柔軟な皮膚内に備えられている多数の受容器によって、対象に関するさまざまな感触を得ることができます。図5に、われわれが開発した柔軟な皮膚と多数の受容器を持つバイオニックハンドを示します。このようなハンドを用いることによって、従来の硬いロボットハンドとは異なる感覚機能を実現し、より生物に近い、適応的なマニピュレーションを実現することを目的に研究を進めています。

人工筋肉の構成

ゴムチューブでできた人工筋を使うことで、ヒトの筋骨格構造に類似したメカニズムを構成し、そこ



図5：柔軟な皮膚と多数の受容器を持つバイオニックハンド

から得られる知見からヒトについての仮説を立てる、という研究を進めていると、逆に、生体の筋肉とゴム人工筋の違いが明快になり、生体筋肉でなければならぬ点もさまざまな形で明らかになってきます。ヒトと同等の適応性を実現するには、究極的には生体筋肉を用いることが考えられますが、その第一段階として、人工的に筋肉を培養、構成し、それをどのようにコンピュータから制御するかについての研究を進めています。

おわりに

本稿では、われわれの研究室で行われている研究を簡単に概観しました。われわれの研究目標はヒトと同等の適応能力をロボットによって実現することと、そのプロセスを通してヒトの知能のあり方を理解することです。ヒトの知能を理解するためには、ロボットはどこまでヒトに近づく必要があるのでしょうか。その答えはまだ分かっていませんが、その目標に向かって精力的に研究を進めていきたいと考えています。