

人間に学ぶロボティクス



東京農工大学
大学院工学研究院・先端機械システム部門
(工学部機械システム工学科)
教授

水内都夫 Ikuko Mizuuchi

Bio-inspired roboticsやhuman-inspired robotics という表現がある。人間型ロボットや脚型ロボットでは、生物や人間の仕組みから示唆を得る点が多いだろうことは想像に難くないが、一本腕のマニピュレータや車輪・クローラ等により移動するタイプのロボットにも、生物や人間の仕組みに学ぶ点が色々とあり得る。

生物や人間は、重力や弾性の位置エネルギーを巧みに活用することで、消費エネルギーを抑えたり、運動性能を向上させたりすることができる。消費エネルギーを抑えるのは、運動エネルギーを一時的にバネや重力の位置エネルギーに変えてそれが再び運動エネルギーになるということである。二足歩行の際には、支持脚の膝を曲げないことにより重心位置が高くなる際に、運動エネルギーが重力の位置エネルギーになり、頂点を超えると再び運動エネルギーになる。支持脚の膝を曲げることは力と動きの方向が逆になるいわゆる負の仕事になり、アクチュエータに注ぐ電気エネルギーが系のエネルギーを減らすために使われる。支持脚の膝を伸ばす時には正の仕事になるが、膝を曲げない場合は必要無かった仕事である。

筋・腱・靭帯などの弾性要素も、運動エネルギーを一時的に位置エネルギーとして蓄積することができる。跳躍や投擲等の運動の際には、アクチュエータ（筋）が投入したエネルギーの一部が弾性の位置エネルギーになりそれが運動エネルギーに戻ってくることで、より高い跳躍や速い投擲が可能になっている。人間や動物の関節は一般に可動範囲が有限であり、大きな運動エネルギー（速度）を持続すると可動範囲の限界に達してしまうため、力学的エネルギーの総量を大きくする場合にも運動エネルギー（速度）の形にするのは投擲物を放出する直前の短時間にしたい。弾性や重力の位置エネルギーがその短時間に急激に運動エネルギーになることが、より高速な投球へとつながる。（ちなみに、高速な投擲には慣性の大きな部位〈体幹など〉の運動エネルギーを手先に流す〈エネルギーフローと呼ばれる〉ことも重要で、人体等の多リンク直列系による投擲フォームの最適化には色々と面白く難しい問題がある。）

人型や動物型のロボットでなくても、このような効果に学

ぶことができる。例えば、火星探査ローバーで古くから使われているロッカーボギー機構にバネを追加することで性能向上を狙う研究や、車輪を駆動するモータと車輪の間にバネを入れることで段差乗り上げ時などに一時的に車輪トルクを増す仕組みの研究などもある。

構造的な面では、ソフトロボティクスが2010年頃から言われるようになった。日本ではそれよりもかなり前から柔らかさを持つロボットの研究が多く行われてきていたが、ソフトロボティクスという語が使われるようになってからは世界的に多くの研究が行われている。物理的な柔らかさは、主に弾性と粘性として扱うことができるが、従来の剛体をベースとした方法論からはパラダイムシフトが求められ、様々な新たな方法論や活用先が期待される。

人間や動物に学ぶもう一つの大きな側面は制御やソフトウェアである。2012年の深層学習のブレイク以降、人工知能に関わる共通認識が大きく変化した。それ以前の人工知能は、記号処理や推論などの論理処理が主であり、知能には何かしらの構造的な仕組みがあると考えた研究者が多かったが、深層学習のブレイク以降は、膨大なデータのパターンの記憶・再現・類推が本質なのかもしれないというムードが出てきているように思う。何かしらのアルゴリズムがある・人工的に設計できると考えられてきたが、実はパターン認識分類再現を超大規模にすることで人間を超えるような知能が実現できるかもしれない勢いである。近年のロボットの国内外の学会でも、深層強化学習などにより生み出された制御システムが、丁寧に作られた制御システムと同等かそれ以上の性能を見せる事例が増えている。考えてみれば、人間の脳も実は同様で、何かしらの設計論やアルゴリズムが脳内に構築されているのではなく、膨大な量の入出力パターンの記憶・再現・類推をおこなっているに過ぎないのかもしれない。その意味でも、現代の人工知能は明示的なアルゴリズム無しに知能を実現するという方向に進化しているように思う。

搬送システムの分野にも、人間や動物の物理的・構造的な仕組みや脳の構成的な仕組みから示唆を得た新しい発展の方向の可能性が多く存在しているのではないだろうか。