

HUMAN MOTION ANALYSIS

ヒューマンモーションアナリシス

第1回

あらい せいし
浅井 武

はじめに

人間にとって、最も身近な動くものは人間であり、つまり自分自身であるが、だからと言って自分のことが十分わかっているかどうかは怪しいところがある。このコーナーでは、人間の基本的な機構や運動メカニズムを概観するとともに、身体運動やスポーツ技術を簡単に分析したい。それが、人間の理解にもつながるであろうし、ロボットに関する新たなアイデアのヒントとなるかもしれない。

歩行運動

人間にとって直立二足歩行は最も重要な基本的なものであり、それによって大脳皮質が発達したとされるぐらいである。人型ロボットにとっても二足歩行は極めて重要なものであり、基盤技術の1つである事は想像に難くない。人間が歩行を獲得するにあたって、それが先天的（遺伝的）に会得されているものなのか、後天的に学習されて会得されるのかという問題は、古くから議論されてきたテーマである。生後4～6週齢程度の赤ちゃんの足裏を、ローラーで回転する床面

（トレッドミル）に接触させた場合、自立歩行に似た運動が誘発されることが知られている（図1）。これは、歩行反射と呼ばれるものであり、寝返りもできない赤ちゃんにこのような運動が現れることから、歩行の原始的な運動様式は、生まれる前から遺伝的に組み込まれている（運動プログラム）と考えられている。実際、脳の一部を切除したネコ（除脳ネコ）やカマキリが歩くことは有名だし、シマウマの子供が生まれてすぐに立つことも、この遺伝的運動プログラムを考えなくては説明がつかない。人間の場合、この原始的歩行運動プログラムをもとに、生後、いろいろ試行錯誤をして運動学習し、1歳前後でなんとか歩けるようになって考えられている。その後も、歩行に関する運動学習は進行し、3歳くらいでようやく大人の歩行に近づくのである。この、大人に近づくという意味は、外見の運動様式が似てくるだけでなく、筋肉の使い方も類似してくるということである。筋電図（筋肉がどの程度働いているかが、電圧として記録される）で歩行中の筋の働き方を調べると、歩行が上達すればするほど、関係する筋肉が少なくなり、発揮する力も調節され、非常にエネルギー効率の良い運動様式になることがわかる。このこ

とから、子供の歩行から大人の歩行への発達は、ギクシャクした動きから、スムーズな無駄の少ない動きへの移行というように、効率のアップという見方もできる。

歩行運動の効率の良さは、力学的にも容易に理解できる。まず、遊脚期における足の動きを見ると、股関節を中心とした振り子の運動としてみることで、位置エネルギーと運動エネルギーの変換を効率よく利用し、少ないエネルギーで効果的な移動運動（口

歩行のパターン
6週齢までの赤ちゃんに見られる“歩行反射”と、歩き始めた幼児との足の諸関節の角度の比較。この歩行パターンは青年期に至るまで変化し続ける。

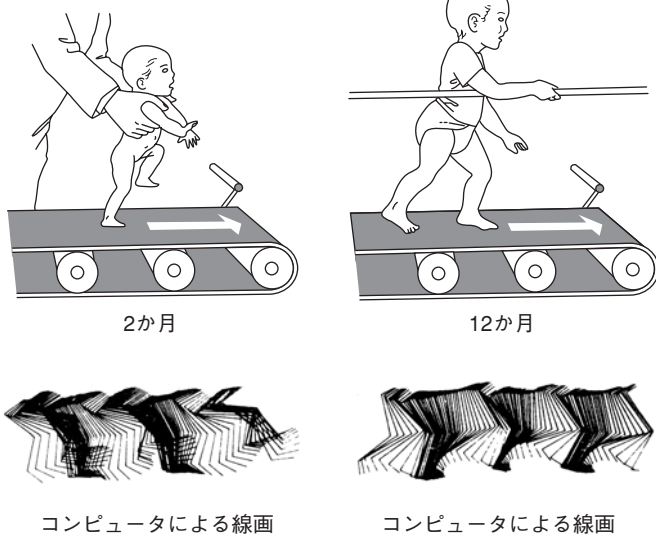
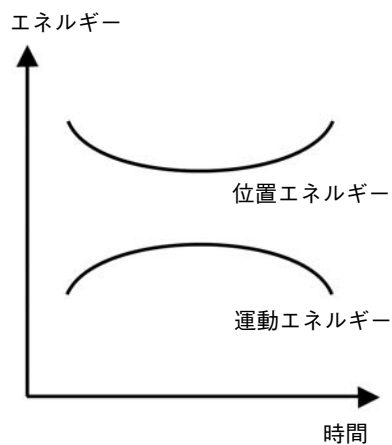
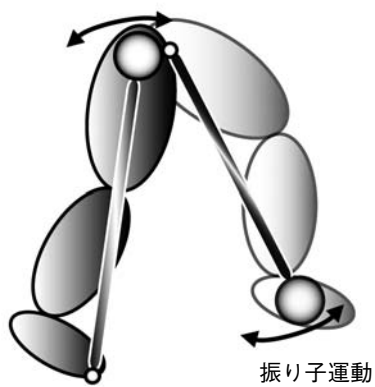


図1 赤ちゃんの歩行パターン。4～6週齢の赤ちゃんにみられる歩行反射と、歩き始めた幼児の歩行における関節角度変化はかなり類似している。
(ギリングD.、ブライトウェルR.、糸川英夫監訳、ヒューマンブレイン、1984、プレジデント社)

倒立振り子運動



総エネルギー
=位置エネルギー+運動エネルギー

図2 歩行運動の概念図。振り子と倒立振り子の組み合わせにより、エネルギーを効率よく使っている。