

◆ 2足歩行ロボットがぎこちなく歩くのはなぜ？ ◆

◇ より自然な2足歩行を実現する技術 ◇

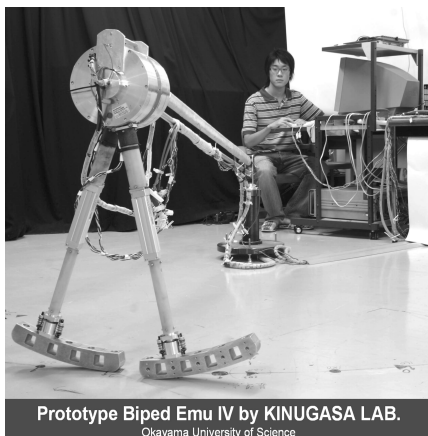
●衣笠哲也 工学部 機械システム工学科 講師

■ 2本足で歩くロボットを創りたい！ ■

1996年12月にHondaがヒューマノイド（人間型ロボット）P2を発表して以来、日本をはじめ、世界中でヒューマノイドの研究がさかんになってきています。ヒューマノイドの最も重要な技術は2足歩行です。P2以前にも様々な2足歩行ロボットが創られていましたが、歩行の完成度や見た目の滑らかさ、もちろんロボットの見栄えも大きく進歩してきました。

私は大学院に進学した95年から、2足歩行関係の研究を始めました。最近ではどうやったらうまく2本足で歩けるのか、実現された歩行はどのような性質を持っているのか、といったことをテーマにしています。

また、考えたことが本当にうまくいくのかどうかを、★図1にあるような2足歩行ロボットを製作して、妥当性を検証しています。



★図1 2足歩行ロボットEMU

ちょっと難しめに書いてしまいましたが、要するに、自分で創ったロボットが2本足でガシャガシャ（本当はこれじゃあうまくないけど）歩いてことだけでも単純ですが、とても楽しいです。

ロボットといえば、漫画やアニメのなかで人間の代わりとなって働いたり、人を助けたりするヒーローで、そういったものを自分で創るといふことにとっても惹きつけられたのです（最初のきっかけは案外単純なものです）。

■ どうやって2足歩行させるのか？ ■

話を戻しますが、2本足で歩くということはバランスを保って立つことすら難しいものです。歩くという動作は一方の足で体を支えて前に転びながら、もう一方の足を前に振り出して次の支えとするという、ある意味で不安定な動作の繰り返しです。ロボットをこのように2本足で歩かせるためには、おおざっぱにいつか次のようなことをしなければいけません。

〈1〉足をうまく動かして体全体（重心位置）を前に移動させる。

〈2〉転ばないようにする。

これを実現するために、まず、股、膝、足首の関節の角度、角速度が1歩歩く間にどのような運動するのか（人間の歩き方を参考にするなどして）考えて、あらかじめその動き（歩行軌道）を作っておきます。

次に、それと同じ動きをするようにロボットの関節のモータを制御します。

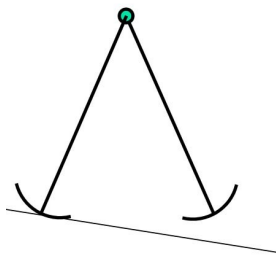
最後に、あらかじめ作った歩行軌道をロボットがうまくなぞったとしても、転ばずに歩くかどうかわからないのでバランスを取るような制御を同時に行います。この方法は古典的ともいえる方法で、よく採られています。今現在、日本の企業や大学などの研究機関で実現されている2足歩行の基本的な考え方で、ご存じの通り非常にうまく歩き回らせる（場合によってはジョギングさせる）ことができます。

けれども、HondaのASIMOなどの歩行をよく観察す

ると、ひざが曲がったまま腰を下げて歩くなど、人と比べると少し不自然です。先に説明したバランス制御のためには、重心位置をどの方向にでも移動できなければなりません。これがひざを曲げる主な原因です。また「あらかじめ用意した歩行軌道をなぞる」という方法をいつも人が行っているとは考えにくく、不自然さの原因と考えられています。

■ 重力だけで歩行できる??? ■

では、もっと自然に歩行させることはできないのでしょうか？80年代後半になって重力をうまく利用すればモータなどの力を全く使わずに、緩やかな斜面を非常にうまく、まるで人間の様に歩くことができるという研究がなされました。この歩行は、モータなどで能動的に制御するのではなく、重力を受動的に利用しているため受動的歩行と呼ばれています。抵抗の少ないピンで留めたコンパス(★図2)を想像してみてください。



★図2 受動的歩行概略図

片方(支持脚)を地面につけ(刺してはいけません)、もう片方(遊脚)はぶらぶらさせます。すると、支持脚は倒れ(不安定)、遊脚は振り運動をします(安定)。うまく勢いをつけて放すと支持脚が前に倒れ、同時に、遊脚の振子が前に振り出して地面に衝突するようにできます。このことが緩斜面で繰り返されれば、勝手にコンパスが歩き始めます。これが受動的歩行です。つまり、斜面を下り降りて得られる位置エネルギーだけで、安定な振子と不安定な倒立(逆さま)振子の運動を組み合わせると自然な歩行になるわけです。

けれども、この受動的歩行では水平面や登り坂を歩くことはできません。それに対して、この研究を始めたマクギアはこんなことをしています。

「飛行機の開発は、グライダーの研究から始まった。まず、効果的で安定なグライダーの設計方法があきらかにされ、その後、速度や方向を変化させる制御手法が開発された。そして最後には動力飛行が発明され、水平飛行や上昇が可能となった。我々はこれと同じアプローチで歩行の研究を行う」。

現在世界中でこの2足歩行グライダーである受動的歩行の研究が行われています。最近では、タイミングよく遊脚を振ったり膝を周期的に振動させると水平面でも歩けることが明らかになってきています。しかし、この受動的歩行メカニズムに基づく歩行は残念ながらまだ地面の凹凸などの環境変化には弱いといった問題が残されています。でも、近い将来、前述した従来方法などと組み合わせられることでより自然で自由に歩き回ることができるロボットを実現できるようになるでしょう。

■ より自然な2足歩行を目指して ■

最後に、2本の足で歩くことは、人が人になることができた、とても重要な能力だと考えられています。これは人間が持つ移動に関する知能といい換えてもいいでしょう。より自然な2足歩行をロボットが実現できれば、直接人間を調べることなく、そのメカニズムや知能を理解できるはずだと我々は考えています。「人間を間接的に理解する」これが我々の学術的興味です。

将来的にはヒューマノイドそのものが「使える」ようになることもそうですが、2本の足で歩くメカニズムが完成すれば、歩行に関する障害を持つ人のリハビリ技術の発展歩行機能をもつ義足の実現、といった方向で世の中の役に立つことが期待できます。

皆さんも、より自然な2足歩行ロボットを創ってみませんか？