



ロボットアームを手に説明をする森田氏。

# バネの力で無重力状態を実現 ～ 自重補償リンク～

慶應義塾大学理工学部機械工学科  
森田 寿郎 研究室

もりやま かずみち  
森山 和道(サイエンスライター)

慶應義塾大学理工学部機械工学科の森田寿郎専任講師の研究室が、このたび発表した自重補償機構は、バネを使って自重をなくす機能を持つ。

この機構を応用したアームを実際にさわってみると、回転角によらず自重トルクが補償されているので、ふらふらと、どの角度にしても自由に動くのだが、ぶらんと垂れるわけでもない。多段連結したやじろべえのような感じだ。不思議な感覚である。

この機構は「MGC(Mechanical Gravity Canceller)」と呼ばれている。バネの張力を使って、関節に加わる自重トルクを補償できる機構だ。

普通のリンク機構は片持ちで直列につなげていく。だがこの方法では、関節のトルクのほとんどの部分が自重を持ち上げるのに使われてしまう。そのためロボットの手先の出力・重量比は決して十分とは言えない。

MGCは自重をキャンセルする構造的な工夫の1つ。ベルトを使った平行運動機構を使うことで大きな可動範囲を実現し、ワイヤーとプーリーを使ってバネを配置することで、張力で重量を補償している。

多段連結してもタイミングベルトを使った平行リンクを使って、積み重ねていくことができ、何段重なっても自重をキャンセルしていくことができるので、例えばヘビのように長く伸ばしたリンク構造を、軽い力で動かすこともできる。

ムチのように手元で力を発生させるだけで、先端部分を自在に動かすこともできるので、災害時の被災者探索ロボットや、チューブ内の点検カメラなどにも応用できる可能性があるという。もちろん、多関節のロボットにも使える機構だ。

メカニズムで、しなやか、巧み、そしてシンプルなシステムを創る

姿勢によらず、正確な自重補償を実現できるこのメカニズム、非常に画期的な機構に思えるのだが、なぜあまり使われていないのだろうか。こう問いかけると森田氏は「我々があまり宣伝してないからでしょうか」と笑った。

森田研究室では「メカニズムで創る」という言葉を掲げて研究を行っている。「しなやか、巧み、そしてシンプルなシステム」を、ロボットの設計そのものを見直すことで、アクチュエーターのパワーやその他で

はなく、機構から実現することを目指しているという。

森田氏は以前、早稲田大学でヒューマノイドの「アダリー2」の研究開発に従事していた。3年前に慶應義塾大学に移り、現在は研究室を立ち上げている最中だ。機械要素からロボットの設計を考えるアプローチは当時からのものだという。

「アクチュエーターの開発となると、磁性体だとか、物性の研究などが必要です。そうなる和我々、機械工学の人間は他人のやってる成果待ちになってしまいます。それでは面白くない」(森田氏)

人間の体はロボットとは全く違って、非常に巧みに創られている。まずその発想を最初にもってきて、1から設計を考えてみるべきだと強調する。バネとダンパーを使った可変粘弾性機構の発想も、筋肉などが実現しているコンプライアンス制御を機械で実現するためには、メカニズムで制御するほうが良いという考え方からだ。

メカ設計には、超えたくても超えられない壁がある。自重だ。自重を支えるために構造的に複雑な仕掛けを持ってくると、たとえ性能が良くても、どうしても重量が増してしまう。そして重くなるとパワーが足りなくなる。そうなるとう度はバッテリーを変える必要がある...と、どこまでいっても悪循環だ。最終的には、自重を何らかの手法で補償、もしくはなくしてやるしかない。そこでバネの力だけで無重力状態を



自重補償機構を組み込んだロボットアーム。



自重補償機構はワイヤーとプーリーを使ってバネを配置している。



自重補償機構はバネの力で無重力を実現する。左が力を加えていない状態、右が力を加えた状態でのバネの様子。