

# 制御をはじめよう!

## ロボットを上手に動かすために

### 第6回

# ZMPを用いた二足歩行ロボットの制御

やまきた まさき  
山北 昌毅

## 1 はじめに

今回は二足歩行ロボットの制御について色々なアプローチの概略を説明しました。色々な研究者がさまざまなバックグラウンドをもって二足歩行ロボットの実現を目指している様子が少しはわかっていただけたでしょうか。

今回はHONDAやSONY、それにGR (General Robotics) の二足歩行ロボットが用いている、ZMPを用いた制御法についてできるだけ簡単に説明したいと思います。ZMPを用いた制御を説明するための、回転に関する性質についても説明しますので、最後まで付き合ってください。

また、最近刊行された「ヒューマノイドロボット」(梶田秀司編著、オーム社、2005)は著者らのヒューマノイドロボット開発への意気込みが感じられる1冊です。さらに二足歩行制御について勉強したい人にはおすすめです。

## 2 回転に関する性質

連載3回目「運動学と動力学」のところで、物体が空間内をどのような仕組みで運動するかについて説明しました。ここではニュートンの運動方程式で、物体の位置が力に対してどのように変化するかを記述しましたが、物体が空間を移動する時に、どのような姿勢になりながら運動するかについては考えませんでした。

例えば、猫をある高さから落とした場合、全体の運動は重りを落とした時と同

じように落下します。これは全体としての位置はニュートンの運動方程式に従うことを意味しています。しかし、猫の場合は‘猫ひねり’と呼ばれるように空中で体をねじって着地時には足がちゃんと地面に着くようにしますね。

このように、物の空間内での運動を考える時、全体としての位置だけでなく、どのような姿勢で運動しているかも重要になります。二足歩行の制御を考える場合にも、ロボットの姿勢がどのようになるか、つまり回転が非常に重要になります。

### 2.1 重心回りの回転

図1を見てください。密度が一定の丸い円盤が氷の上に置かれていて、重心(重心の定義は前回の解説を参照してください)から少し右下のところに指を置いて、そっと矢印の方向に押して指を離すところを想像してください。そうすると、円盤は全体として右上に移動しながら、重心を中心として反時計回りに回転します。今度は、ちょうど重心に指を置いて同じ操作をすることを想像してください。その場合は、全体としては移動しますが、回転は起こりません。

物体は外から力を受ける時、重心は力を受けた方向(カベクトルの方向)に動き出そうとし、同時に、重心を中心として回転をしようとしています。この時、回転の勢いは重心から力の働く点(力点といいます)が離れているほど、回転の効果は大きくなります。また、重心からの距離が同じでも、働く力が大きいほど回転の効果

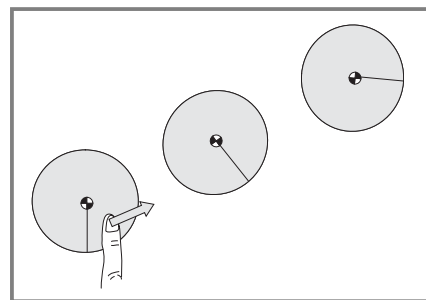


図1 平面内での物体の運動

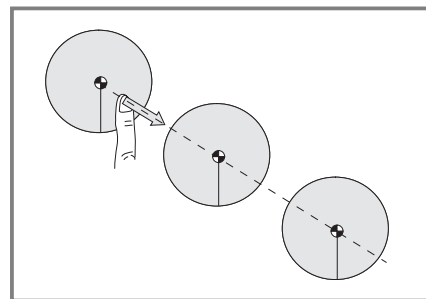


図2 回転を生じない力の加え方

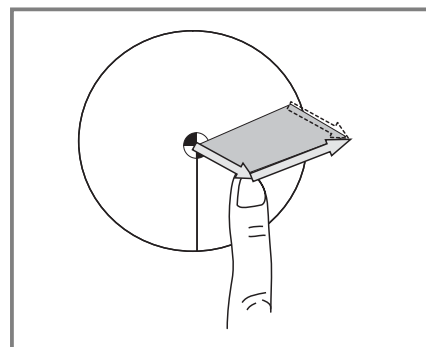


図3 力点に作用する力の回転への効果

は大きくなります。

今度は図2のように、図1と同じ場所に指を置いて、重心と指の位置を結ぶ線の方に力を加えた場合を考えてみましょう。どうなるかわかりますか?

この場合は、回転せずに力を加えた方