

0からはじめる ヒューマノイドロボット

株式会社ゼットエムピー 代表取締役 神永 拓



ヒューマノイドロボット PINO

* 第5回 ロボットの制御 –ロボットアームで学ぶ制御の基礎– *

今回からはよいよロボットの制御を説明していく。順運動学や逆運動学といった数学的な話も多いが、これらを理解していればロボットを好きなように操作できるようになるだろう。今回は、ロボット制御の基礎を説明し、シミュレーションの方法を説明する。

1. ロボットの運動学

運動学とは、ロボットなどの機械の動きを解析するための学問である。運動学は大きくは順運動学と逆運動学に分類でき、それぞれ次のような意味で用いられる。

順運動学 関節の角度から、手先の位置を求める計算

逆運動学 手先の位置から、必要な関節の角度を求める計算

ヒューマノイドロボットの脚部を考えるときは、「手先」を「足裏」と読みかえればよい。

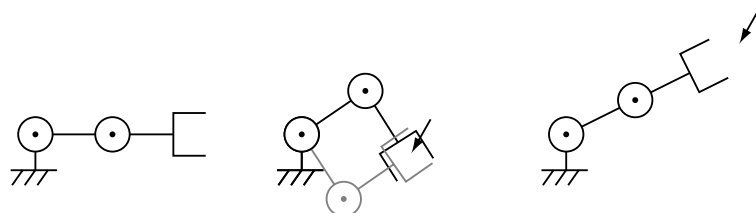
「運動学」という言葉からだと、慣性力や動的反作用力などの「動的」な力学を扱う学問に聞こえるが、実際には運動学は、関節角と手先の位置の「静的」な関係性を扱う学問である。前者は「動力学」と呼ばれる。

なぜこのような学問があるのかというと、

ロボットの「筋肉」であるモータで決められるのは「角度」であるのに対して通常決定したいのは「手先」の「位置」である。手先の位置は、モータの角度だけでなくモータをつなぐリンクの長さによっても変わるので、それらも含めた計算が必要になるのである。

さらに、手先の位置を実現するための関節の角度を知りたいことも多い。実際にはこのほうが多いと思われるが、この計算が逆運動学である。人間の場合は、経験的に逆運動学を習得しているのであるが、計算で逆運動学を求めることは非常に難しいことが多い。

これは、「手先位置」「関節角」の関数が解析的に求まらない¹ことが多いことや、希望する手先位置が一意には決まらなかったり、達成が不可能なことがある(図1参照)ことが原因である。図中のシンボルの示す意味はロボマガジンNo.29の本連載を参照願いたい。



(a) ロボットアームの構造 (b) 逆運動学の解が複数ある場合 (c) 逆運動学の解が無い場合

図1 単純な逆運動学の例 (手先の目標位置は矢印で示す場所である)

余談ではあるが、人間でも、ダンスを覚えるときのように、初めてする動きを見よう見まねで覚えるにはしばらく時間がかかる。これは、人間の脳が逆運動学を習得するまでに時間がかかるためである。

1: 解析的に求まるとは、上記の関数が「関節角」= $f(\text{「手先位置」})$ の形で書けることをいう。

2 順運動学

逆運動学を考える前にまず順運動学について考えよう。順運動学はロボットの振る舞いを考える上で非常に重要である。順運動学を正確に理解することができれば、その考えを動力学の計算に拡張することができる。

2.1 直感的な方法

簡単な構造のロボットであれば直感的な方法で順運動学を求められる。図2に示すロボットアームを考えよう。

まず、数式の標記の仕方について説明しておこう。高校生の読者にはなじみの薄い表記かもしれないが、各太字の x_i はベクトルを意味し、 \vec{x}_i と同意である。また、高校ではベクトルを

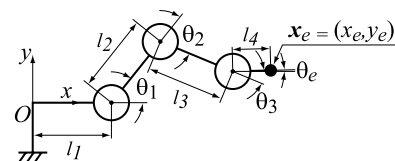


図2 平面3自由度マニピュレータ