

## 第5章 意外と難しいモータ制御を回路シミュレーションで一発動作!

# 安価なブラシ付きDCモータの超ゆっくりなめらか回転制御

早川 慎一 Shinichi Hayakawa

本稿では、PID制御の実験として、1つのモータを発電機として手で回すと、もう1つのモータが同じ速度で回る、という系を作ってみます(写真1)。ある程度速く回したときは追従させるのは比較的簡単ですが、時計の針のようにゆっくり回そうとすると意外と難しく、ガタガタと段差を乗り越えるような動きになりがちです。この問題を克服すると、2つのモータがほとんど同じ動きをする不思議なおもちゃができます。

機械系および電気系を回路シミュレータ上にモデリングし、系全体のふるまいをLTspiceによって確認しました。LTspiceを使った機械系のシミュレーション方法も説明します。

### ゆっくり回すのは意外と難しい!

#### ● やること…安価なブラシ付きDCモータ×LTspice制御チューニング

写真1の系を実現するにはPID制御のパラメータをかなり追いつまなくてはなりません。試行錯誤によるチューニングは難しいものですが、系全体をLTspiceでモデリングして理論的にパラメータを求めたところ、一発で期待する動作になりました。

今回使用するモータはミニ四駆用としてよく使われ

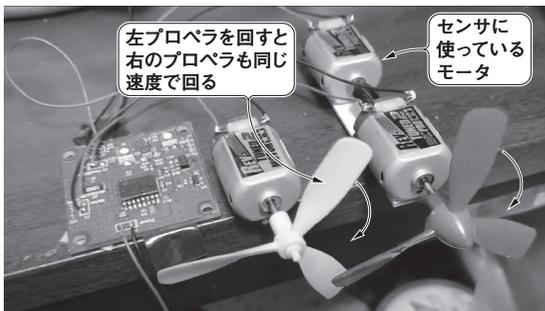


写真1 モータを発電機として手で回すと、もう1つのモータが同じ速度で回るゆっくり回すときのガタガタ…意外と難しいPID制御が必要

LTspiceで電気回路と機械のシミュレーションをしてみる

るFA-130型モータです。ブラシ付きDCモータの中で最もポピュラかつシンプルなものです。

#### ● モータがガタガタする正体…コギング・トルク

モータをゆっくり回転させたとき、ガタガタする正体はコギング・トルクです。主に内部で鉄心と永久磁石が近接するときに引き寄せられることによって生まれる、1周ごとのトルクの脈動のことです(図1)。軸が1周する間に脈動のピークが発生する回数は、コイルと永久磁石の最小公倍数によって決まり、FA-130モータの場合は1周あたり6回のピークがあります。

### コギング・トルクを含めた制御系のモデル化

#### ● 全体の構成

図2(a)に制御系全体のブロックを示します。コギング・トルクのキャンセルを目的としているため、制御対象のモデルにコギング・トルクを組み込みました。コギング・トルクのモデルは実際には複雑ですが、今回の目的では脈動が周期的にあることを織り込めば十分だと考えられるので、簡単化のため三角関数で近似しました。

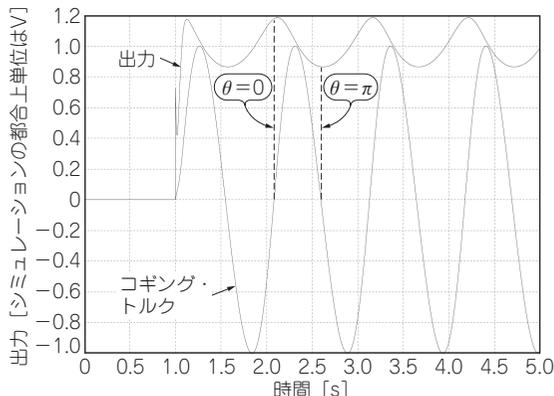


図1 コギング・トルクにより制御出力( $\omega$ )が振動するようすこれを元にコギング・トルクの影響を大きく受けるポイントを発見し、その点で線形化モデルを作成する