



小型でスリムだから配線もメカもスッキリ！  
温度に強くて壊れにくい！

# トコトン実験！モータの センサレス制御技術

第2回 制御の第1歩！ターゲット「モータ」を知る

足塚 恭 Kyo Ashizuka

## ● 敵を知って己を知る

モータには、ブラシ付きモータやブラシレス・モータなどさまざまありますが、制御の基本は同じです。そこで、構造のシンプルな直流モータを例に、制御の基本や、制御する側から見た直流モータという部品の性質を解説します。

「制御する」ためには、その相手(モータ)を知り尽くす必要があります。モータはケースで覆われたブラックボックスな部品に見えます。ふたを開けてもコイルや磁石、機構部品が入っていて、電氣的にどんな動きをするものなのか、よくわかりません。「敵」を理解することを、制御ではモデリングと言います。モータは、簡単な電気回路で表現できることが知られています。

今回は、実際にモータを回しながら、直流モータの電気回路モデルについて考えてみます。また、次回以降のフィードバック制御系の実験に備え、オープン・ループ制御による可変速駆動の実験も行います。

## 直流モータの電気回路モデルを作る

モータとは一体どんなものなのか？電気回路モデルを眺めながら、実験で確かめてみます。制御対象を知るには、実際に動かしてみ、電流や電圧などを観察することです。特に制御設計で重要なのは、定常状態だけでなく、過渡現象を観察することです。

### ■ 手順1 標準的な電気回路モデルでモータの電氣的な性質を理解する

まず標準的なモータの電気回路モデルを用いて、直流モータのふるまいを理解しましょう。

図1は、一般的な直流モータの電気回路モデルです。モータは、銅線が巻かれた「巻き物」なので、インダクタンス $L$ や巻き線抵抗 $R$ が存在しています。

イメージしにくいのですが、発電機やモータを含むすべての回転機は「誘起電圧」という可変電圧源をも

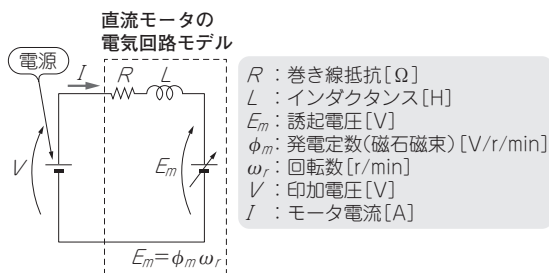


図1 直流モータの電気回路モデル

直流モータを電気回路で表すと、抵抗 $R$ 、インダクタンス $L$ と、回転数に比例して発生する直流電圧源の直列回路になる

っていると考えることができます。

誘起電圧 $E_m$ は、モータが自らトルクを出して回っても、外部から軸に力を加えて回しても発生します。

回ると発生する誘起電圧 $E_m$ は、モータの回転数 $\omega_r$ に比例します。電気回路に基づいて電圧方程式を立てると次のようになります。

$$V = RI + L \frac{d}{dt} I + E_m \dots \dots \dots (1)$$

$$E_m = \Phi_m \omega_r \dots \dots \dots (2)$$

誘起電圧 $E_m$ は、逆起電圧、逆起電力、速度起電圧、back EMF などさまざまな呼び名があります。

### ■ 手順2 実験の準備

#### ● 二つの直流モータを直結する

写真1の直流モータ(RE-140RA, マブチモータ)を使って、図1の電気回路モデルを確認してみます。電気回路モデルの確認実験のため、図2のような装置を組みました。

同じモータ二つ(モータA, モータB)を用意し、回転軸をカップリングで直結しました。カップリングは、モータに付属しているプーリを利用しました。モータAには、スイッチを介して電池(1.2Vのエネループ)を接続します。もう一方のモータBは何も接続せずに端子を開放しておきます。この装置を用いて、次の3