

第3章 ブラシ付きDCモータと  
ブラシレスDCモータ両方をおさえる

# ステップ②…負荷を駆動する モータの基本モデルを作る

岩路 善尚 Yoshitaka Iwaji



モータの代表的なモデルとして、ブラシ付き直流モータと、永久磁石モータ(ブラシレスDCモータ)のSimulinkモデルを作成します。

## ブラシ付きDCモータのモデル

第2章では、トルクを入力とした機械モデルを作成しました。一般的に、モータは電圧を操作量として加えることでトルクや回転数を制御します。電圧を加えることで電流が流れ、その結果トルクが発生します。

### ● ブラシ付き直流モータの数学モデル

その現象を微分方程式で記述すると、次となります。

$$V_a = R_a I_a + L_a \frac{d}{dt} I_a + E_m \dots\dots\dots (1)$$

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

$$T_m = K_a I_a \dots\dots\dots (3)$$

- $V_a$  : モータへの印加電圧 [V]
- $I_a$  : モータの電機子電流 [A]
- $E_m$  : モータ内部で発生する逆起電圧 [V]
- $\omega_r$  : モータの回転数 [rad/s]
- $R_a$  : モータの電機子巻き線抵抗 [ $\Omega$ ]
- $L_a$  : モータの電機子インダクタンス [H]
- $K_a$  : 発電定数(トルク定数) [V/(rad/s)]

よく知られているように、式(1)、式(2)は電気回路の等価回路モデルとして表現できます(図1)。逆起電圧 $E_m$ は、電機子巻き線が回転することで、永久磁石の磁束鎖交数が増えるために発生する誘導起電圧です。モータ自身が自力で回っても、または外力で回されたとしても、とにかく「回転」によって発生する起電圧です。

### ● Simulinkモデルの作成

式(1)~(3)に基づいてモデルを構築すると、図2となります。モデルの作り方は、機械系とまったく同じです。式(1)~(3)のなかで、微分項は1つしかありませんので、積分器1つで表現できるモデルになります。

図2は、トルクを出力し、回転数を入力する形となっています。これを、第2章で作成した機械系モデルに接続します(図3)。

図3のモデルでシミュレーションした結果を、図4に示します。時刻1sで、印加電圧 $V_a=12V$ をモータにステップ入力しています。その瞬間、モータには4Aを超える電流が一気に流れ、トルクが発生します。トルクによって加速が始まり、時刻 $t=1.5s$ くらいには定常状態に落ち着きます[図4(a)]。

図4(b)では、時刻5sにおいて、インパクト・ドロップ(ステップ状の負荷トルク)を与えています。負荷トルク $T_L$ が加わると、回転数 $\omega_r$ が低下し、逆起電圧 $E_m$ も低下します( $E_m \propto \omega_r$ のため)。 $E_m$ が低下することで、式(1)に従って電流 $I_a$ が増加します。その結果、トルク $T_m$ も若干増加しますが、回転数 $\omega_r$ は回復できず、若干回転数が低下した状態で回転を続けます。

### ● モデルのサブシステム化

シミュレーション・モデルが複雑になると、ブロック図がごちゃごちゃしてきます。ここで便利な機能が、Subsystem(サブシステム)です。図5に示すように、機械系負荷モデルをマウスで囲んで、1つのサブシステムにします。サブシステムでは、入出力端子が番号になっていますが、これらは名前の変更が可能です。

機械系負荷モデルと同様に、モータ・モデルもサブ

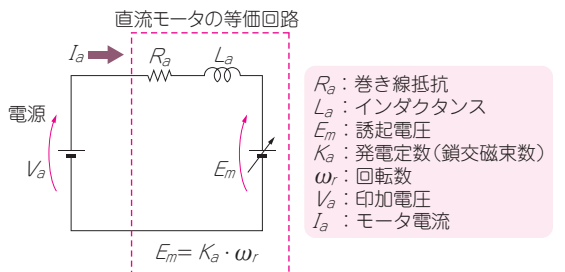


図1 直流モータの電気回路による等価回路モデル  
直流モータは、等価的に抵抗、インダクタンスと電池(逆起電圧)で表現できる。逆起電圧は、モータの回転に比例してモータ内部で発生する起電圧であり、回転機の特徴的な現象である