



# 第5章 □ デジタルならではの制御も □ □ まずは地固めから

## 降压 DC-DC を例とした フィードバック制御入門

田本 貞治 *Sadaharu Tamoto*

スイッチング電源はトランジスタをON/OFFさせて電力変換します。トランジスタがONのときとOFFのときとで動作モードが変わります。このことがスイッチング電源の動作を数式化して、安定性や過渡特性を解析することを難しくしています。

トランジスタがON/OFFを繰り返している電源回路を解析する方法として、**状態平均化法**が知られています。この方法を使うと、電源回路とフィードバック制御の両方を解析できます。

本章では、この状態平均化法を使ってフィードバック制御の解析を行います。合わせてデジタル・コン

トローラの構築法と、コントローラのパラメータについて説明します。

### □ フィードバック動作を考察する □ □ ために回路動作を数式にする □

● スイッチ ON と OFF の状態に分けた等価回路を考える

スイッチ ON と OFF の状態をひとからげに考えることはできません。そこで今回使う状態平均化法<sup>(1)</sup>では、**トランジスタがONのときとOFFのときに分けて状態方程式を構築し、平均化して電源回路を数式化**します。

状態平均化法を使うために、まず降压DC-DC(バック・コンバータ)がONのとき/OFFのとき、の等価回路を作成していきます。

等価回路は、**図1(a)**のように構成部品とそれに付属する等価抵抗、負荷Rを加えて表せます。

トランジスタがONすると、ダイオードDがOFFして、実線のように  $V_{in} \rightarrow Q \rightarrow L \rightarrow C_f, R \rightarrow V_{in}$  の順に電流が流れます [図(b)]。

トランジスタがOFFすると、ダイオードDが導通して、破線のように  $D \rightarrow L \rightarrow C_f, R \rightarrow D$  の順に電流が流れます [図(c)]。

● 等価回路の動作を数式に置き換える

制御理論で使われる状態方程式で電源回路を表していきます。

状態方程式の一般的な表現は式(1)のようになります。複数の微分方程式を一つの数式で表すために、変数に付属する係数を行列にまとめています。

$$\dot{x} = Ax + Bu, y = Cx \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $x$  : 状態変数、 $u$  : 入力変数、 $y$  : 出力変数と言います。大文字の  $A, B, C$  は行列で表した係数になり、 $A$  はシステム行列、 $B$  は入力行列、 $C$  は出力行列と言います。

電源回路の場合、**状態変数は回路の特性がよく表せる場所の電圧・電流を使います。**

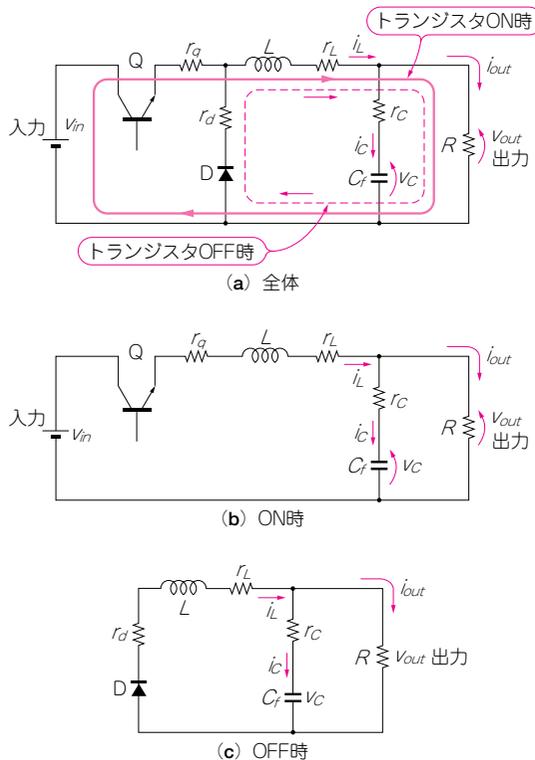


図1 バック・コンバータのスイッチがONしたときとOFFしたときの等価回路からそれぞれの状態での動作を数式化する