

# SPICE

## 実用電子回路講座

### 第4回 負帰還の冥利

遠坂 俊昭  
Toshiaki Enzaka

前回までOPアンプの直流動作と交流動作について解説しました。

今回は、実用的な増幅回路を作るために必要なテクニック「負帰還(negative feedback)」を取り上げます。OPアンプ回路だけでなく、ほとんどの電子回路において、実用的なものに仕上げるためには、負帰還が必須です。負帰還技術の修得は、電子回路技術者にとって必須項目なのです。

#### 負帰還の基礎知識

##### ● 負帰還の歴史

負帰還が発明されたのは1927年です。

当時の電話システムは、1本のケーブルで複数の回線を伝送するために、搬送波を使用した多重化の技術を採用し始めていました。ところが増幅器にひずみがあると、多重化された回線間で干渉が生じ、漏話が生じることがわかりました。

電話装置を製造していたウエスタン・エレクトリック社の研究員であったWestern Electric Harold S. Black氏は、ひずみの少ない増幅器の開発を命じられ、試行錯誤を繰り返していました。そして彼は、出勤途中のフェリーの船上で、「負帰還技術」を思いついたのです。

この負帰還を使った増幅器は、翌年実用化され、1937年に特許が成立しました。

##### ● 負帰還を使った増幅器

真空管やトランジスタなどの電気信号を増幅する能

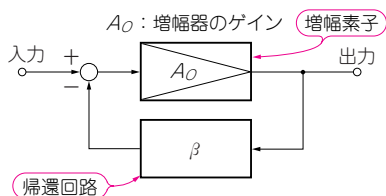


図4-1 増幅素子の出力を帰還回路を通して入力に戻すと負帰還増幅器になる

動素子に、単に信号を入力して増幅すると、ひずみや増幅率の変化が大きすぎるため、実使用には耐えません。ところが、負帰還を施すと、この能動素子の欠点を補うことができます。

負帰還技術を修得するにはまず、負帰還のイメージをつかみ、それから負帰還の理論を考えると理解しやすくなります。

図4-1に示すのは、負帰還をかけた増幅回路の基本ブロック図です。出力信号を $\beta$ 回路（通常の増幅器では分圧回路）を通して入力に戻し、入力信号との差を増幅します。

図4-2に示すのは、実際のICと抵抗を使った負帰還増幅回路です。前回説明したようにOPアンプは、+入力と-入力の差電圧を増幅し、そのゲインが $A_0$ のICです。

#### 負帰還をかけることのメリット

##### ■ OPアンプ単体ではゲインがばらついて使いにくい…

##### ● 負帰還をかけるとゲイン一定の増幅回路が作れる

図4-3(a)に示すのは、ゲイン $A_0 = 1000$ のOPアンプを使った負帰還回路です。この回路で直流増幅の入出力レベルを考えます。

このOPアンプは入力インピーダンスがとても大きく、入力電流は無視できるものと仮定します。

OPアンプの出力端子に+10Vが出ている場合、

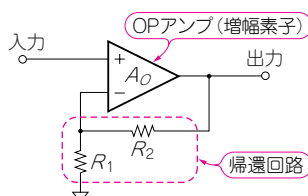


図4-2 実際の増幅素子(OPアンプ)を使った負帰還増幅器

OPアンプの-入力端子の電圧を求めます。

出力電圧はβ回路によって1/10に分圧されて+1Vになります。A<sub>0</sub>が1000倍なので、+入力端子は-入力よりも、

+ 10 V/1000 = 10 mV  
 だけ電圧が高いはずですが、入力電圧は、  
 1 V + 10 mV = 1.01 V  
 となります。

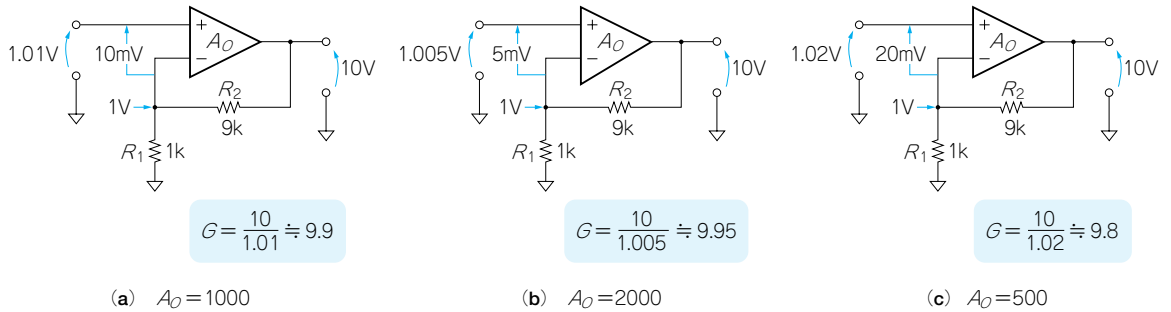


図4-3 負帰還をかけると増幅素子のゲイン(A<sub>0</sub>)のばらつきが吸収されて一定になる

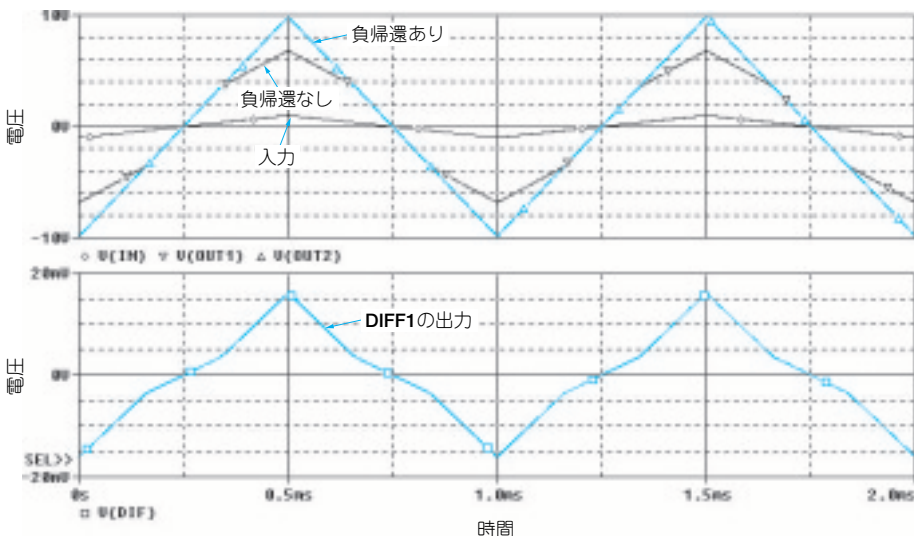
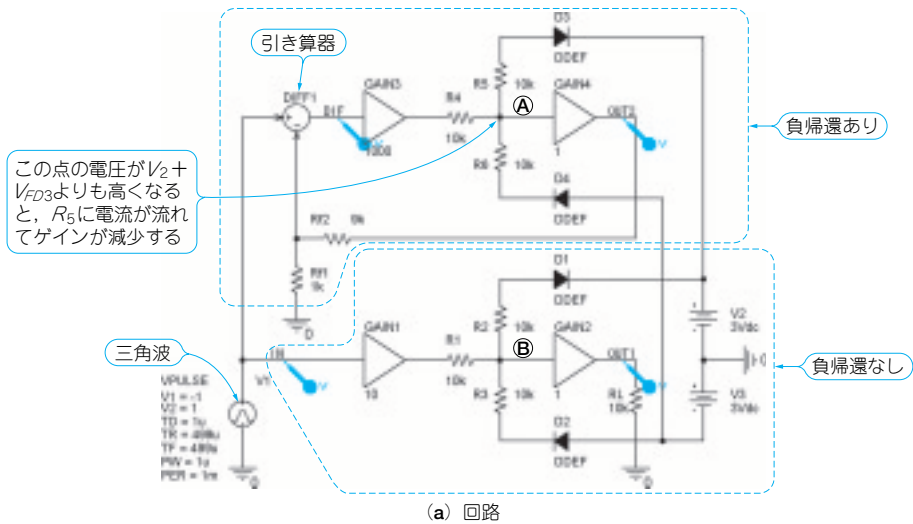


図4-4 負帰還をかけると増幅素子のひずみが抑圧される