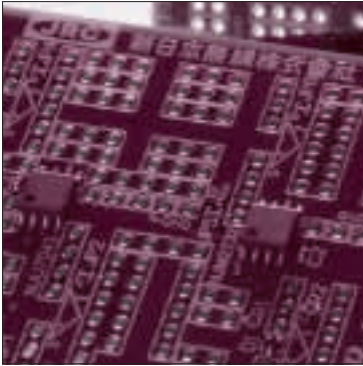


第2部 OPアンプというICを理解する



第2章 電子回路の登龍門

OPアンプのふるまいと取り扱い

宮崎 仁
Hitoshi Miyazaki

第1章は、電子回路を動かすのは初めての人を対象にして、実験に必要な知識と手順を説明しました。また実験中に観測される信号の波形とその見方を説明し

ました。

第2章はOPアンプの原理と基本的な使い方の解説で、第1章の実験回路の原理を説明します。

1 OPアンプに信号を入れるとどうなるか？

1-1 小さな信号でもすぐに出力が電源に張り付いてしまう

● 二つの入力端子の差分を無限大増幅！?

二つの入力ピンと一つの出力ピンを持つOPアンプは、二つの入力ピンの電圧の差を増幅するICです。

差を取るとは、A-Bというように、一方の入力電圧から他方の入力電圧を引くこととなります。OPアンプの二つの入力電圧は役割分担が決まっています。引かれる方(A)を**非反転入力**、引く方(B)を**反転入力**と呼びます。この違いは回路記号にも示されていて、非反転入力には+、反転入力には-が付けられます(図1)。

OPアンプのゲイン(増幅率)は大きいほど望ましく、理想は ∞ (無限大)です。すなわち、非反転入力 V_{in+} 、反転入力 V_{in-} とすれば、出力 V_{out} は、

$$V_{out} = \infty \times (V_{in+} - V_{in-}) \dots\dots\dots (1)$$

という式で表されます。

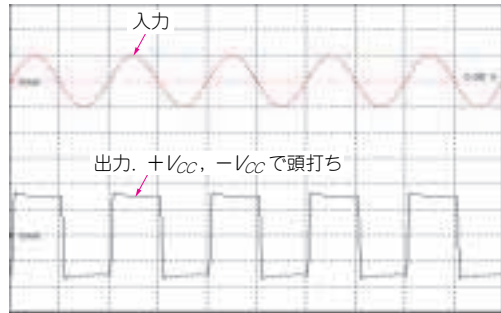


図2 OPアンプに正弦波を入れると出力は電源電圧で頭打ちになる

電圧の差を増幅するということから、このような増幅回路を**差動増幅回路**と呼びます。

● 現実のOPアンプの出力電圧は電源で頭打ちする
現実のOPアンプICでも、ゲインは1万~10万倍

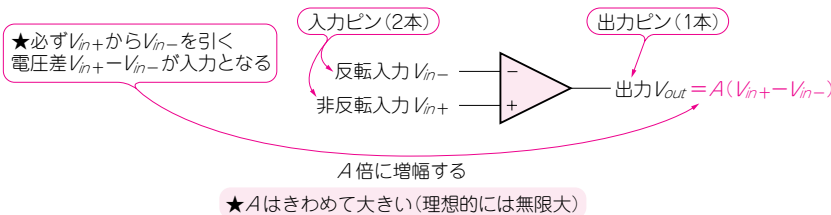


図1 OPアンプの回路記号と増幅

OPアンプは、二つの入力ピンと一つの出力ピンを持ち、二つの入力ピンの電圧の差を増幅する増幅器。



Keywords

差動増幅回路、開ループ動作、閉ループ動作、負帰還、ボルテージ・コンパレータ、仮想短絡、バーチャル・ショート、電圧フォロワ、帰還、フィードバック、正帰還

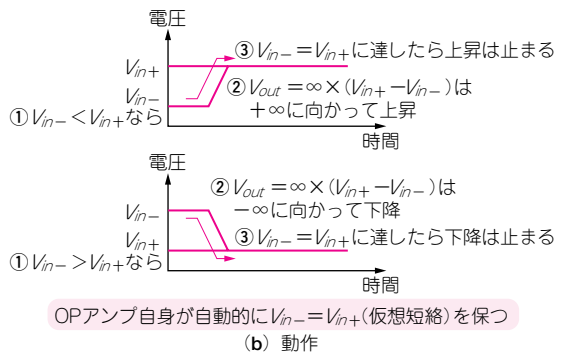
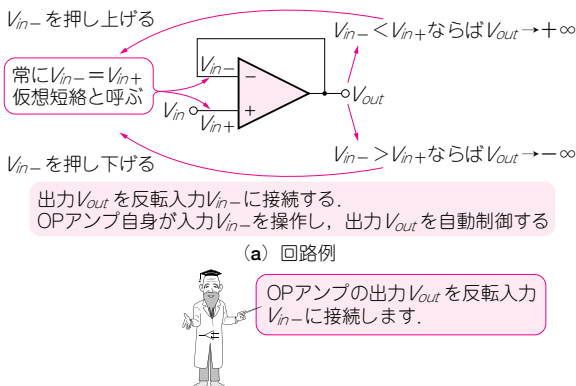


図3 OPアンプは出力を入力に戻して使う (PSpice データ・ファイル: ¥fig2-3)

程度あるのが普通です。したがって、二つの入力端子に加えられる信号の電圧値が完全に一致していない限り、出力電圧はいつでも無限大になってしまうでしょう。

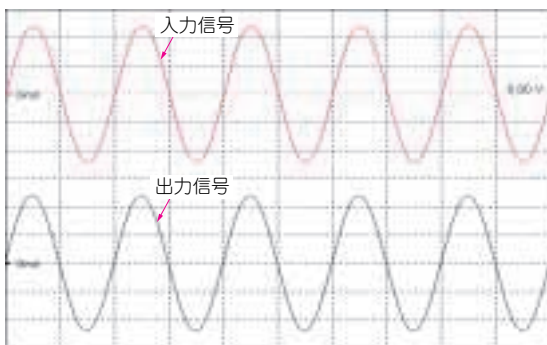
実際には、ゲインは無限大だとしても、OPアンプの出力には無限大の電圧が出るわけではなく、出力電圧は電源電圧を超えられません。OPアンプの品種によっては電源電圧よりやや低いところで頭打ちになりますし、大きくても電源電圧止まりです。

OPアンプの電源電圧を $+V_{CC}$ 、 $-V_{CC}$ とすれば、非反転入力 > 反転入力 のとき実際の出力電圧は $+V_{CC}$ で頭打ちとなり、反転入力 > 非反転入力 のとき実際の出力電圧は $-V_{CC}$ で頭打ちになります。

1-2 大きなゲインを持つ暴れ馬「OPアンプ」をどう手なづけるか

● 出力信号を入力に戻す

以上はOPアンプ単体の裸の動作であり、**開ループ動作**と呼ばれます。実際のOPアンプ回路では、この



V_{in+} に正弦波信号を入力したものの、常に $V_{in-} = V_{in+}$ であることがわかります。

図4 出力を入力に戻す(図3)と入力信号と同じ形状の信号が出力される(出力電圧がコントロールされる。200 mV/div., 1 ms/div.)

ようにOPアンプを裸で動作させるのではなく、出力信号を入力端子に戻して使います。これを**帰還**と言います。

OPアンプに帰還をかけず、開ループ動作させる実用回路が一つあります。それは、4-1節で解説する**ボルテージ・コンパレータ(電圧比較器)**と呼ばれる回路です。

● 二つの入力的一方は出力信号を戻すためにある

1-1節で説明したように、二つの入力電圧にわずかも差があれば、OPアンプはその電圧差を無限大に増幅して、出力は $+\infty$ または $-\infty$ になろうとします。図2に示すように $+V_{CC}$ または $-V_{CC}$ まで振り切れて頭打ちになりました。

逆に考えれば、OPアンプの出力電圧がどちらにも振り切れず、中間の電圧値にとどまっているとすれば、二つの入力電圧の差は0でなければなりません。しかし、別個に与えられた二つの入力電圧が常に一致していることは、現実的にはありえないでしょう。

OPアンプは、別個に与えられた電圧差を増幅するために作られているわけではありません。OPアンプの二つの入力的一方は、出力信号を戻すためにあるのです。

● どういう動作になるのか

出力を入力に戻す方法の中で最も単純なのは、図3のようにOPアンプの出力 V_{out} を反転入力 V_{in-} に直結することです。これによって、反転入力端子 V_{in-} への入力外部から与えられるのではなく、自分自身の出力電圧になります。

このように接続すると、もし $V_{in-} > V_{in+}$ であれば、式(1)よりOPアンプは V_{out} を $-\infty$ に向けて押し下げ、 $V_{in-} = V_{out}$ は下降して V_{in+} に近づきます。 V_{in-} が V_{in+} に達したらOPアンプは押し下げをやめ、 $V_{in-} = V_{out}$ の下降は止まります。逆に、 $V_{in-} < V_{in+}$ であれば、式(1)よりOPアンプは V_{out} を $+\infty$ に向けて押し