

第2章 ビデオ・バッファや差動増幅回路を動かしながらマスタしよう!

OP アンプ回路の定数設計と部品選び

川田 章弘
Akihiro Kawata

「OP(オペ)アンプとは、OPERational Amplifier, すなわち**演算増幅器**の略称です」と、いきなり説明されても、「何で演算なの!？」という人がほとんどだと思います。現在のOPアンプの応用例を考えると、とても「演算」という言葉は連想できません。ちなみに、私もOPアンプを「演算器」として使った経験はありません。

なぜ「演算」なのかというと、かつてOPアンプは「アナログ・コンピュータ」に応用されていたからです。CPUのクロック周波数を競っているような現在から考えると、増幅器で計算するって、すごいと思いませんか?

さて、技術開発史を知っておくことは、技術者としての深みを増すことになると思いますが、そんなOPアンプの歴史については、稿末の文献(1)などをご参照いただくとして、ここではOPアンプ回路の設計方法を基礎から学んでいきましょう。

簡単な実験で特性パラメータを理解しよう

「OPアンプ回路の実験をするには、安定化電源やオシロスコープが必要です」などと言うと「ああ、会社でしか回路の勉強はできないのか…」とってしま

いそうです。でも、安心してください。最初の基礎的な実験は、電池とデジタル・マルチメータ(DMM)だけでやってみます。私が使用したDMMはデスクトップ・タイプのものですが、安価なハンドヘルドDMMでも大丈夫でしょう。

実験回路を図1に示します。使用した部品はちょっとした電子部品店に行けば手に入るものばかりです。ぜひ自分で実験してみてください。現在は、電子回路シミュレータが気軽に使えるようになりましたが、そんな今でも、自分で回路を組み立ててみることは大切です。手を汚して実験することでシミュレータでは味わえない回路センスを身に付けることができます。

OPアンプには、汎用OPアンプ**NJM4558**、単電源OPアンプ**NJM2904**、レール・ツー・レールOPアンプ**TLC2202**を使用しました。これらのOPアンプが手に入らない場合でも、最初の基礎実験を行うことはできます。入手できたOPアンプで実験してみてください。基板に部品を実装した状態を写真1に示します。

● OPアンプの端子名を知ろう

OPアンプの回路図記号は、図1の真ん中にある三角形の記号です。-とか+とか書かれているところ、三角形のとがったところから信号が引き出されていま

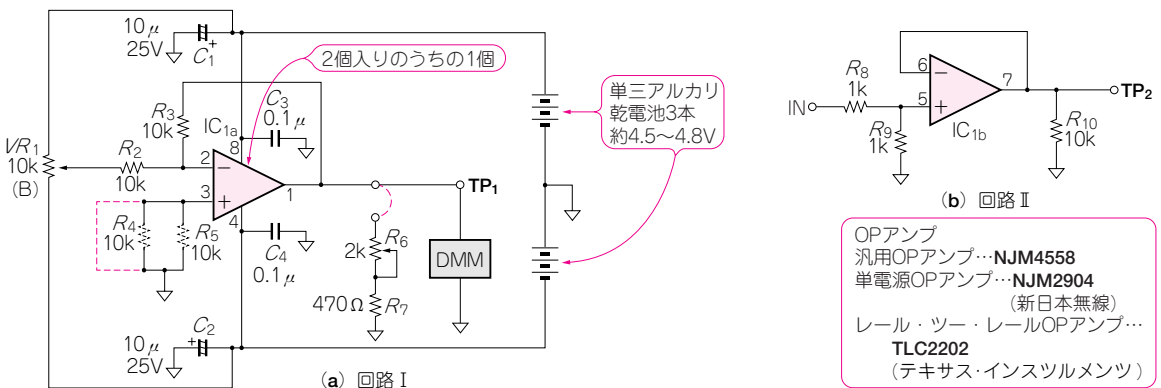


図1 OPアンプの基本動作を見るための基礎実験回路

OPアンプ
汎用OPアンプ…**NJM4558**
単電源OPアンプ…**NJM2904**
(新日本無線)
レール・ツー・レールOPアンプ…
TLC2202
(テキサス・インスツルメンツ)

す。これらの端子はそれぞれ下記の意味です。

- : 反転入力端子
- + : 非反転入力端子
- とがったところ : 出力端子

また、データシートを見ると、 V_{CC} とか V_{EE} 、または V_+ とか V_- とか書かれている端子があります。これは、

- V_{CC} (V_+) : 正電源入力端子
- V_{EE} (V_-) : 負電源入力端子

です。負電源入力端子は0V(GND)に接続して使われることもあります。このような負電源を使わない用途のために設計されたOPアンプを「単電源OPアンプ」と呼んでいます。

●最初にデータシートをチェックする

どんなデバイスでもそうですが、OPアンプを動かすには電源が必要です。そこで、まず最初にOPアンプを動かすために必要な電源電圧をチェックしましょう。特に、デバイスを壊してしまわないためにも、絶対最大定格欄の電源電圧をよく見ておきます。この電圧を一瞬でも越えることがあると、デバイスが壊れる可能性があります。

実験に使うOPアンプは、TLC2202を除き、電源電圧 ± 15 Vで使うことができます。今回は、TLC2202が壊れないように、 ± 4.5 Vで実験することにします。単三アルカリ乾電池を3本 $\times 2$ で使うことになります。

●入出力特性を調べてみよう

V_{R1} を変化させながら、入力電圧 V_I と出力電圧 V_O を測定してみてください。図2に私が測定した結果を示します。汎用OPアンプ、単電源OPアンプ、レール・ツー・レールOPアンプのそれぞれに特徴があることがわかります。

▶ OPアンプの種類によって出力電圧範囲が違う

まず、単電源OPアンプでは、負電圧側が電源電圧

に近いところまで出力できることがわかります。このことから、単電源OPアンプを使えば、 $+4.5$ Vの単電源で使った場合でも、入力電圧が0Vのときに、0Vに近い電圧を出力できます。

ちなみに、正負の両電源電圧のことを「レール(rail)」と呼ぶことがあります。レール・ツー・レールOPアンプとは、この電源電圧(レール)に、より近い電圧まで出力することができるOPアンプのことを言っています。図2のTLC2202の結果を見ると、だいたい電源電圧まで出力できていることがわかります。

▶ OPアンプの出力は電源電圧で制限される

ここで、気を付けてほしいのは、単電源OPアンプを使った場合、電源電圧に負電圧を使わない限り、OPアンプは負電圧を出力することはできないということです。つまり、正電圧の単電源で使っているときは、OPアンプに入力される電圧が負側に変化しても、出力は絶対に負になることはありません。

OPアンプに入力される信号がACカップリングされた信号の場合、その信号は正負の値をとります。この信号を単電源で動作しているOPアンプ増幅回路に入力しても正常な増幅動作は望めません。

▶ 汎用OPアンプは単電源で動作させることもできる

図2のような入出力特性を把握しておけば、汎用OPアンプを単電源で使うこともできます。図2から、NJM4558の出力は電源電圧 ± 2 V程度まで出力することができますので、 $+4.5$ Vの単電源で使用した場合、出力電圧が 2.5 V ~ 2 V程度の間で使うのであれば問題なく使えます。

▶ 位相反転に気を付けよう

今回実験したOPアンプでは、「位相反転」と呼ばれる現象は起こりませんでした。位相反転とは、入力電圧が負電源側のレールに近づくと出力電圧が、突然、正電源電圧に跳ね上がるような現象のことを言います。LF356というOPアンプは、この位相反転が起こることでも有名でした。

制御機器などで位相反転が起こると重大な事故を引き起こしかねません。最近のOPアンプでは、この位

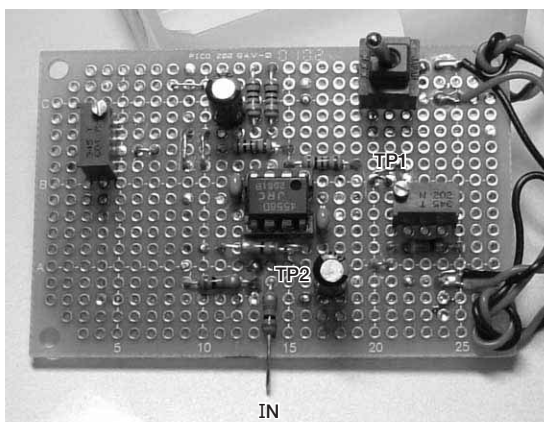


写真1 製作した基礎実験回路(図1)の外観

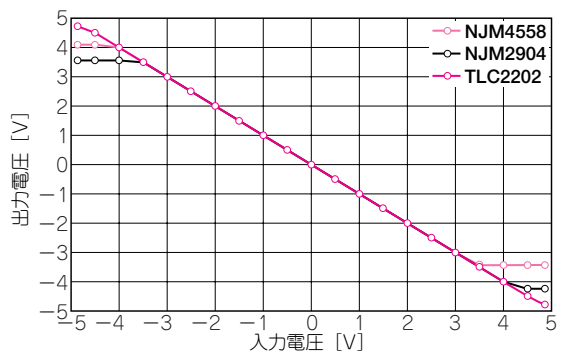


図2 OPアンプによって入出力電圧特性は異なる