

第1章

測定器や信号発生器にはパソコンを活用しよう

OPアンプ応用回路を実験で学ぶ

1-1

回路記号はただの三角形のように見えるが… OPアンプはアナログ回路の基本素子

OPアンプとは、Operational Amplifier (演算増幅器)の略称で、「オペアンプ」と読みます。OPアンプは、二つの入力ピンと、一つの出力ピンをもつアナログ素子です。

回路記号で書くと、**図1**のように右側がとがった三角形形で、左(底辺)側に**2本の入力ピン**、右(頂点)側に**1本の出力ピン**が書かれています。

2本の入力ピンは機能的に大きな違いがあるので、確実に区別できるように回路記号に印が付いています。-の印が付いて

いるほうを**反転入力ピン**、+の印が付いているほうを**非反転入力ピン**と呼びます。

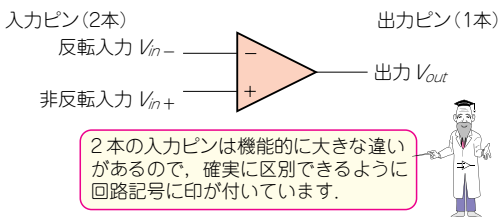
ANDやORなどのデジタル素子は、入力信号が“H”か“L”かを判断して、それに応じて“H”か“L”の出力信号を作り出します。それに対して、OPアンプのようなアナログ素子は、入力も出力も連続的に変化する信号、すなわちアナログ信号を扱います(**図2**)。

OPアンプは二つの入力ピンに加えた信号電圧を比較したり、信号電圧を大きく増幅する

働きをします。ただし、ごく基本的な増幅回路として動作させる場合でも、OPアンプ単体ではなく、**図3**のように2本の外付け抵抗を組み合わせて回路を構成します。

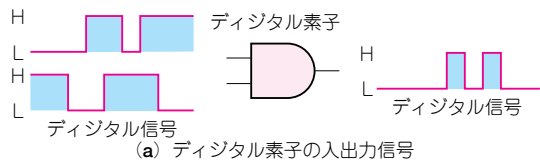
この点はちょっと面倒に思えますが、その代わりに、OPアンプを利用すればきわめて多様なアナログ回路を作ることができます。外付け抵抗の抵抗値を変えたり、数を増やしたり、コンデンサやダイオードなど外付け部品の種類を増やすことによって、複雑な応用回路を簡単に実現できます。OPアンプはアナログの世界における万能基本素子と言えます。

図1 OPアンプの回路記号
信号を入力する端子には反転入力と非反転入力の二つがある



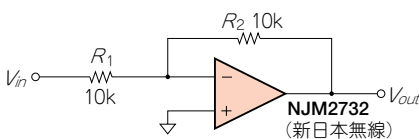
2本の入力ピンは機能的に大きな違いがあるので、確実に区別できるように回路記号に印が付いています。

図2 デジタル信号とアナログ信号

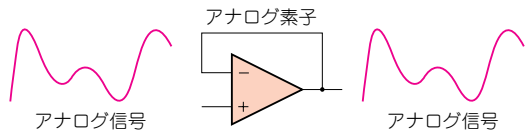


(a) デジタル素子の入出力信号

図3 OPアンプによる増幅回路の例



この回路は増幅率-1倍の反転増幅回路です。詳しくはこのあと説明します。



(b) アナログ素子の入出力信号

アナログ素子は、入力も出力も連続的に変化する信号、すなわちアナログ信号を扱います。

第2章

信号を増幅する二つの動作がOPアンプ応用の基本

OPアンプの基本的な使いかた

2-1

増幅IC「OPアンプ」を動かしてみる

1

信号を増幅してみる

OPアンプを使った回路はともたくさんの種類がありますが、もっとも代表的なものの一つが**非反転増幅回路**です。

OPアンプと2本の抵抗で作ることができて、入力電圧を K 倍に増幅して出力します。この K を**増幅率**と呼びます。

増幅率 K は、OPアンプを使った回路ではかなり自由に設定できます。たとえば、増幅率が2倍とか、3倍とか、10倍とか、400倍とか、そのような回路を作ることができます。

このとき K は、回路で使用する抵抗の値で決まります。

図1に示すように、増幅率が2倍なら、入力電圧 V_{in} が1Vのとき、出力電圧 V_{out} は2Vになります。

さらに、 $V_{in} = 2V$ のときは $V_{out} = 4V$ 、 $V_{in} = -2V$ のときは $V_{out} = -4V$ というように、出力電圧は常にそのときの入力電圧の2倍になります。

● 非反転増幅回路の実験

それでは、図2(a)のように非反転増幅回路を作り、実際に

動作させてみましょう。

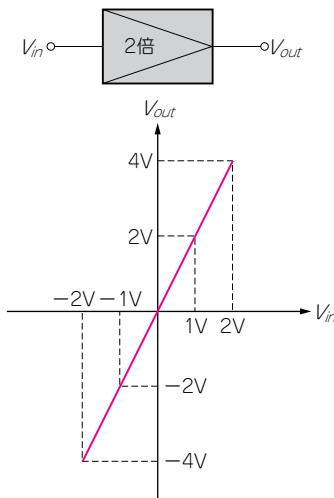
OPアンプと、 $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ 、 $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ の2本の抵抗を用意します。抵抗 R_1 と R_2 は直列に接続し、 R_2 の右端はOPアンプの出力ピンに、 R_1 の左端はGND(グラウンド)に接続します。 R_1 と R_2 の接続点は、OPアンプの反転入力ピンに接続します。

これはちょうど、OPアンプの出力電圧を R_1 と R_2 で抵抗分圧して、分圧点の電圧をOPアンプの反転入力ピンに入力していることになります。このようすをわかりやすく回路図で示すと、図2(b)のようになります。当然ですが、回路としては図2(a)とまったく同じです。

● 実験するとこのような波形が出てくるはず…

図2(c)に示すように、入力信号に比べて出力信号の電圧が大きくなっていることがわかります。また、入力と出力の波形を比べてみると、山は山、谷は谷になっていて、反転していないことがわかりま

図1 非反転増幅回路の動作



非反転増幅回路は代表的なOPアンプ回路です。入力電圧を K 倍に増幅して出力します。増幅率 K はかなり自由に設定できます。



第3章

加減算回路と比較回路

OPアンプで計算や比較を行う

3.1

二つの信号を足してみよう 加算回路の動作

1

出力信号が反転する加算回路

これまで見てきた非反転増幅回路、反転増幅回路は、どちらも一つの入力信号に対して、それを何倍かに増幅して出力するものでした。機能的には、デジタル回路のインバータ(NOT回路)に似た、1入力1出力の回路です。

デジタル回路には、AND回路やOR回路のように、複数の入力信号の組み合わせに応じて一つの出力値が決まるものがあります。

同様に、アナログ回路にも複数の入力信号から一つの出力値が決まるものがあります。その代表が、複数の入力電圧を加算

して出力する**加算回路**です。

● 実験では同一の信号源から信号を入力する

加算回路の実験を行うには最低でも二つの入力信号が必要ですが、今回実験で使用したDSPLinksの出力チャンネルは一つしかありません。

そこで、この実験では加算回路の二つの入力に同じ信号を加えることにします。

● 反転増幅回路に抵抗を追加する

加算回路は、反転増幅回路に抵抗を1本追加すれば、簡単に作ることができます。実験回路を**図1(a)**に示します。まず、

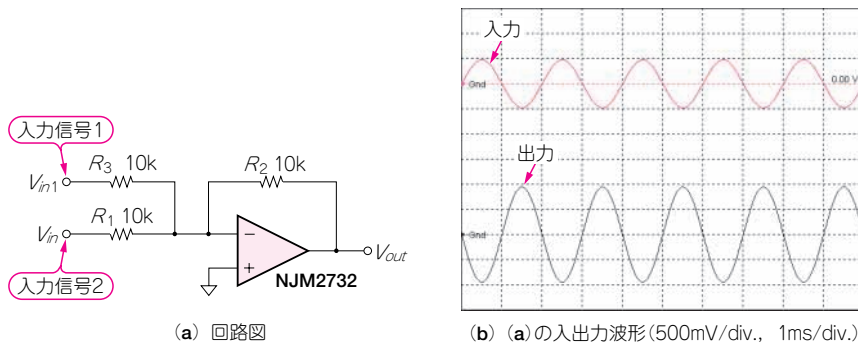
前章の**図6**と同じように基本の反転増幅回路を作ります。さらに、OPアンプの反転入力ピンに、追加の抵抗 $R_3 = 10\text{ k}\Omega$ を接続します。 R_3 と R_1 の左側はそれぞれ独立しています。

そして、抵抗 R_3 の左側に第1の実験用信号、 R_1 の左側に第2の実験用信号を入力します。今回の実験では、第1の実験用信号と第2の実験用信号は同じものです。

● 同じ信号が加算されて出力信号は2倍になる

オシロスコープの画面で、入力信号と出力信号を比較しながら観測しましょう。二つの入力

図1 反転加算回路の実験



加算回路は複数の入力電圧を加算して出力します



第4章

方形波や三角波などの繰り返し信号を発生する方法

信号波形を作り出してみよう

4.1

2種類の繰り返し信号を同時に発生できる
方形波/三角波発振回路

この章では、CMOSタイプのOPアンプであるNJU7043(新日本無線)を、 $\pm 1.5\text{V}$ の両電源で動作させて実験を行います。

ヒステリシス付きコンパレータは非反転入力と反転入力に電圧差を生じるので、前章までで使っていたNJM2732(新日本無線)では、うまく動作しませんので注意してください。

● 発振回路とは

増幅回路や加算/減算回路は、入力信号に対して何らかの操作を加えたものを出力信号とする回路でした。それに対して、**発振回路**は何も入力信号を加えなくても、電源さえ供給していれば回路自身が出力信号を作り続けます。

発振回路には、正弦波を発生するものや、方形波/三角波を発生するものがあります。複数の波形を切り替えたり振幅や周波数を調整可能なものが、実験用の信号発生器(ファンクション・ジェネレータ)として使われています。

ここでは、OPアンプ1個で作れる手軽な方形波/三角波発振回路を作ります。振幅は固定

で、周波数は外付け抵抗や外付けコンデンサの定数によって設定します。

また、三角波は完全な直線ではなく、ややカーブをもった疑似三角波です。

● コンパレータとして使う

この回路では、OPアンプをコンパレータ(電圧比較器)として動作させます。

OPアンプのほかに、外付け部品として $10\text{k}\Omega$ の抵抗2本、 $100\text{k}\Omega$ の抵抗1本、 $0.01\mu\text{F}$ のコンデンサ1個が必要です。

発振の周波数を変えてみるなら、これに加えて $1\text{k}\Omega$ と $100\text{k}\Omega$ の抵抗が1本ずつ、 $0.01\mu\text{F}$ のコンデンサがさらに何個かあるとよいでしょう。

● 実験回路

図1(a)のように、OPアンプの出力ピンと反転入力ピンの間に外付け抵抗 $R_1 = 100\text{k}\Omega$ を接続し、反転入力ピンとGNDの間に外付けコンデンサ $C = 0.01\mu\text{F}$ を接続します。

この抵抗 R_1 とコンデンサ C は、**CR積分回路**と呼ばれる回路を構成します。

OPアンプの非反転入力ピンとGNDの間を外付け抵抗 $R_2 =$

$10\text{k}\Omega$ で、出力ピンと非反転入力ピンの間を外付け抵抗 $R_3 = 10\text{k}\Omega$ で接続します。

これによって、OPアンプと外付け抵抗 R_2 、 R_3 は**ヒステリシス付きコンパレータ**と呼ばれる回路を構成します。非反転増幅回路とよく似ていますが、**図2**に示すように、外付け抵抗がOPアンプの非反転入力側に接続されていることに注意してください。

このように接続すると、CR積分回路の出力(R_1 と C の接続点)はヒステリシス付きコンパレータの入力(OPアンプの反転入力)につながります。そして、ヒステリシス付きコンパレータの出力(OPアンプの出力)がCR積分回路の入力(R_1 の C と接続されていない側)につながります。

すなわち、

CR積分回路出力→

ヒステリシス付きコンパレータ入力→

ヒステリシス付きコンパレータ出力→

CR積分回路入力→

…というぐるぐる回りの信号の流れができました。このぐるぐ