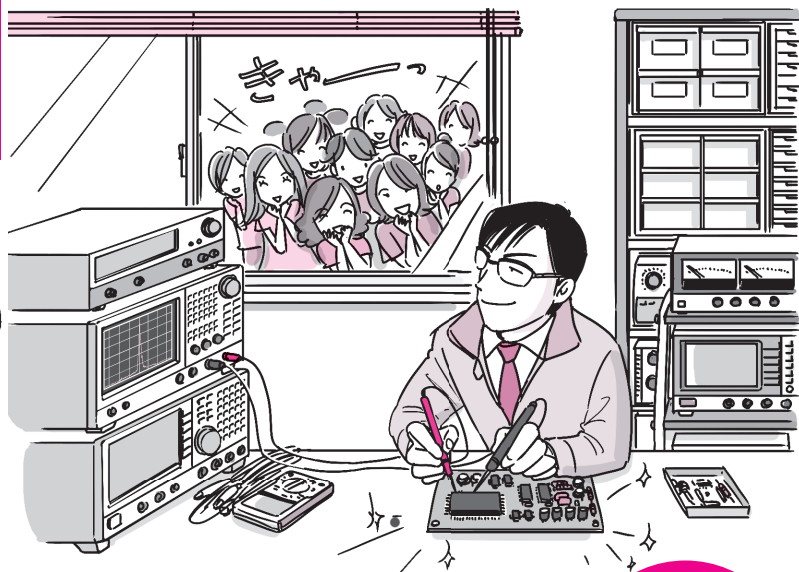
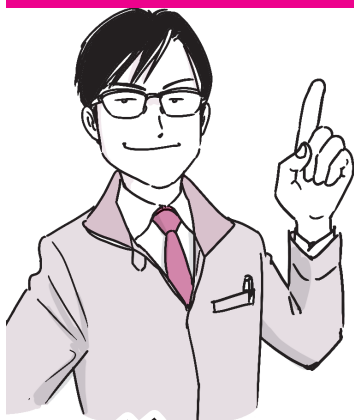


# 第2特集



# グッドアンサー 50 電子回路の達人

アンプ/電源からフィルタやインターフェースまで

もやもや  
スッキリ!

<p>増幅回路</p>	<p>フィルタ</p>	
<p>RF</p>	<p>クロック</p>	<p>電源</p>
<p>インターフェース</p>	<p>センサ</p>	<p>部品</p>

# 第1章 計測&増幅回路

## 1-1: 反転増幅回路と非反転増幅回路

先輩に「まずは反転増幅回路だけ覚えとけ!」と言われたのですが、本当ですか? 非反転増幅回路との違いは極性(位相)とゲイン設定値だけですか?

OPアンプを使った反転増幅回路と非反転増幅回路は、どちらも良く使われていますが、それぞれの違いと使いどころを紹介します。

### ● 違い1: 入力抵抗

▶ 反転増幅回路は入力抵抗を高くしにくい…正確な電圧読み取りには向かない

反転増幅回路は、OPアンプの出力が飽和していない限り、図1(a)のように反転入力(−)が仮想的にグラウンド電位になります。入力から見ると抵抗 $R_I$ がグラウンドに接続されているのと同じことになり、入力抵抗は $R_I$ に等しくなります。

OPアンプの入力に接続される抵抗に、入力バイアス電流が流れることによって入力オフセットが増大、使用可能な抵抗値は限度があります。

さらに、電圧ゲインを大きくすると $R_F$ に対して $R_I$ を小さくしなければなりませんから、入力抵抗は小さくなります。

反転増幅回路の入力の前段に信号源がつながっているとします。入力抵抗が小さいと、信号源内部の抵抗による電圧降下で回路の入力電圧 $V_I$ は信号源の起電力より小さく見えます。そのため、信号源の出力電圧を正確に読み取ることができません。

▶ 非反転増幅回路は入力抵抗を高められる…正確さが要求される場面でも使える

非反転増幅回路は、図1(b)のように入力信号はOPアンプの非反転入力端子(+)だけに接続されています。回路の入力抵抗はOPアンプの入力抵抗そのものです。

OPアンプの入力抵抗は、入力電圧の変化分 $\Delta V_I$ に対する入力電流の変化分 $\Delta I_I$ として次のように表します。

$$R_I = \frac{\Delta V_I}{\Delta I_I}$$

これはGΩ(ギガ、オーム)以上の大きな値になります。このほかに、入力バイアス電流による影響がありますが、一般的には200 nA以下の比較的小さな値です。JFETやCMOS入力のOPアンプではさらに低く、pAオーダーです。特に高インピーダンスの回路でなければ無視できる値です。

入力抵抗が大きいと、入力にほとんど電流が流れないので、回路の入力電圧 $V_I$ は信号源の起電力とほぼ等しくなります。そのため、非反転増幅回路では信号源の出力電圧を正確に読み取ることができます。

### ● 違い2: 精度

▶ 反転増幅回路

反転増幅回路の電圧ゲイン $A_V$ は次の通りです(図2)。

$$A_V = -\frac{R_F}{R_I}$$

この抵抗の誤差がもろにゲイン誤差になります。 $A_V = -1$ なら $R_I = 10 \text{ k}\Omega$ 、 $R_F = 10 \text{ k}\Omega$ とすればよいのですが、仮に $R_I$ が−1%、 $R_F$ が+1%の誤差があったとすると、電圧ゲインは次の通り約2%大きくなります。

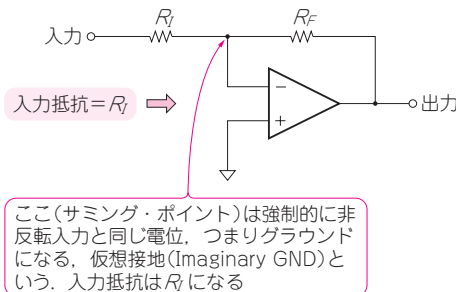
$$A_V = -\frac{10.1 \text{ k}}{9.9 \text{ k}} = 1.020202$$

抵抗の温度係数も同様に効いてきます<sup>注1</sup>。

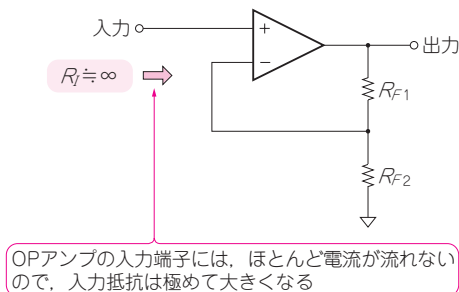
▶ 非反転増幅回路

非反転増幅回路は、図2のようにゲインが1倍(つまりユニティ・ゲイン・バッファ)なら、電圧ゲインは抵抗値の影響を受けません。OPアンプのオフセット電圧とその温度ドリフトの影響を受けるだけです。

もちろん、図3のように電圧ゲインを大きくすると、 $R_{F1}/R_{F2}$ の項が1より大きくなるため、反転増幅回路と同様に抵抗値誤差の影響を受けます。非反転増幅回路で抵抗誤差の影響を小さくするには、なるべく電圧ゲインを1倍に近づけます。



(a) 反転増幅回路…入力抵抗を高くしにくい



(b) 非反転増幅回路…入力抵抗を高められる

図1 反転増幅回路と非反転増幅回路は入力抵抗の設定上限が違う

注1: もっとも、同一品種、同一抵抗値の抵抗の誤差や温度係数は似通っている場合が多いので、多少は影響が軽減されることも多いです。