

## アナログ量の扱い方

### 演算増幅器

センサ等からの信号を計測するシステムでは、一定の利得を持つ増幅器で信号を増幅する必要がある。これは電子電圧計等の前処理にもちいられたり、そのような計測器の内部に組み込まれたりする。ところが、トランジスタ、FET等の個別素子で増幅器を構成すると、素子特性のバラツキ等の理由で簡単に精度よく利得を設定するのが困難である。

そこで、現在では計測用アナログ回路として演算増幅器が用いられる。演算増幅器は通常**オペアンプ**（Operational Amplifier に由来）と呼ばれ、DIP(Dual In Line Package)もしくはCAN（円筒形）の形状をしたパッケージに収められたICである。単に増幅するだけでなく、加減算、乗除算、対数変換、逆対数変換、微分積分等のアナログ演算も可能であり、能動型フィルタを作ることでもある。オペアンプに関して詳しくはアナログ電子回路の本を参照していただきたいが[7-9]、ここでは計測に関する必要最低限のことを説明する。

オペアンプはプラスとマイナスの2つの入力端子をもつ差動増幅器になっており、出力は一つである。また、通常は±両方の電源が必要となるが、回路図の中では省略されることが多い。電源のない増幅器はないので注意されたい。また、計算上は利得が大きいと出力電圧も大きな値となることもあるが、電源電圧以上になることはありえず、電源電圧以上に計算されても飽和する。このことも注意を要する。

差動増幅器(Differential amplifier)とは2つの入力端子の差信号を増幅して出力する増幅器のことをいう。差動増幅器なので、大きな信号が入力されても2つの入力端子間に差がなければ出力はほぼ0となる。

2つの入力端子端子に同じ電圧（同相入力という）を入れて、どの程度その影響を除去できるかを表わしたものが、CMRR(Common Mode Rejection Ratio)であり、CMRRは大きい方が望ましい。

また、このオペアンプの利得（開ループゲイン）は通常100dBを超え、非常に大きなものである。

このオペアンプを理想的なものとみなすと、差動電圧利得  $A_d$  は無限大、同相電圧利得は0であり、オペアンプの2つの入力端子の間の電位差  $v$  を0と考えることができる。（片側の入力端子を接地するともう片側の端子の電圧も0となるので仮想接地という。）また、この2つの入力端子には電流が流れないものとする。

仮想接地に関しては、次のように説明される。ある有限の出力電圧  $V_o$  が発生すると、差動入力電圧  $v$  は、

$$v = \frac{V_o}{A_d} \quad (3.1)$$

で表わされる。従って  $A_d \rightarrow \infty$  とすると、 $v \rightarrow 0$  となる。この説明によると入力が0なのに出力が発生することになるが、あくまでも0近傍の値となると考えてほしい。

このオペアンプを使って増幅器を設計する。**反転増幅器**では、オペアンプの + 入力端子が接地されているので、- 入力端子も 0 となる。そうすると抵抗  $R_1$  の両端には  $V_{in}$  の電圧が印加されるので、 $R_1$  には  $i = V_{in}/R_1$  の電流が流れる。電流  $i$  は - 入力端子には流れずに抵抗  $R_2$  に流れる。抵抗  $R_2$  の片側の電位は仮想接地により 0 となるので、出力  $V_{out}$  は

$$V_{out} = -iR_2 = -\frac{R_2}{R_1}V_{in} \quad (3.2)$$

となる。この回路では利得はオペアンプ自体の利得とは無関係に 2 本の抵抗の比で決まる。従って、オペアンプ自体の利得のバラツキは回路全体の利得に影響を与えずに、2 本の抵抗の比により正確に利得を決定することができるようになる。

また、図 3.4 に示す回路を用いると**非反転増幅器**を作ることができる。入力電圧  $V_{in}$  はオペアンプの+端子に入力される。そうすると - 端子にも  $V_{in}$  がかかることになり、抵抗  $R_1$  には電流  $V_{in}/R_1$  が流れる。この電流は - 端子には流れないので、そのまま  $R_2$  に流れる。その結果、出力電圧  $V_{out}$  は

$$V_{out} = V_{in} + \frac{V_{in}}{R_1}R_2 = (1 + \frac{R_2}{R_1})V_{in} \quad (3.3)$$

のようになる。この場合も、反転増幅器の場合と同様に、回路の利得は 2 本の抵抗の比で決まってオペアンプ自体の利得は影響せずに抵抗の値を選ぶことによって正確に回路の利得を決定できる。

オペアンプを使った回路の設計方法をまとめると

- 1 . 2 つの入力端子間に電位差はないものとする。
- 2 . 2 つの入力端子に電流は流れないものとする。

反転増幅器の利得： $-R_2/R_1$

非反転増幅器の利得： $1+R_2/R_1$