

有効数字

測定データが多くの桁で表わされていたとしても、誤差より小さい桁の数値は意味をなさない。測定された数値のうち意味のある部分を**有効数字**(Significant figure)という。たとえば、電圧が 5.125 V と測定されたとしても、誤差が $\pm 0.02\text{V}$ あれば上位 2 桁のみしか意味がない。とくにデジタル計測器を用いて測定した結果は、桁数が多く得られる場合があるが、有効数字に対する考察が必要である。

有効数字を考えると 5.0V と 5.00V は同じことを意味しない。5.0V は $5 \pm 0.05\text{V}$ の範囲に電圧が存在することを意味し、5.00V は $5 \pm 0.005\text{V}$ の範囲に電圧が存在することを意味する。両者では数値の精度が異なるのである。

例

x=3 のとき、 $2.5 \quad x < 3.5$

x=3.0 のとき、 $2.95 \quad x < 3.05$

x=3.00 のとき、 $2.995 \quad x < 3.005$

有効数字は測定データに四則演算を施すと桁数が変わることがある。たとえば、電圧値 2.14V と 2.120V を加算することを考える。

$$2.14 + 2.120 = 2.14 \pm 0.005 + 2.120 \pm 0.0005 = 4.26 \pm 0.0055$$

となり、この場合は有効数字は少数以下 2 桁しか意味がないので 4.26V となる。

また、引き算に関しては、

$$2.14 - 2.120 = 2.14 \pm 0.005 - (2.120 \pm 0.0005) = 0.02 \pm 0.0055$$

となり有効数字は 1 桁となって 0.02V である。この引き算における有効数字の桁数の変化には、しばしば注意しなければならない。電気電子計測では、測定に及ぼす外乱の影響を減らすためにしばしば 2 つの電圧値の差をとる差動信号を測定する。しかし、外乱の影響は小さくなっても有効数字の桁数が減ると測定の信頼性も低くなるので、十分注意する必要がある。有効数字の桁数に影響を大きく与えるもう一つの場合は分母が 0 に近い場合の割り算である。この場合もデータの信頼性に十分注意しなければならない。

デシベル表示

電気電子工学分野で頻繁に耳にするのが**デシベル**(通常 dB と書く)という単位である。これは利得(gain)を表わす単位であり、本書でも多く現れるので皆さんも慣れてほしい。オーディオのセットの仕様書を読んだことがある人は、耳にしたことがあるであろう。

利得には**電力利得**と**電圧利得**がある。回路の入力電力を P_{in} , 出力電力を P_{out} とすると、電力利得 G は P_{out}/P_{in} である。これをデシベルで表現すると

$$G = 10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (1.29)$$

となる。Gは正の値だけでなく負の値になることもある。この場合は増幅ではなく信号の減衰を意味する。たとえば、- 3 dB は出力が入力の半分に減衰することを意味する。

例

電力が 2 倍に増幅された場合の利得：3dB

電力が 3 倍に増幅された場合の利得：4.7dB

電力が 10 倍に増幅された場合の利得：10dB

電力が 1/2 倍に減衰した場合の利得：-3dB

また、増幅器を多段（たとえば 4 段）に接続したときの全体の利得は

$$\frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_1}{P_{in}} \frac{P_2}{P_1} \frac{P_3}{P_2} \frac{P_{out}}{P_3} \quad (1.30)$$

であり、デシベルで表わすと

$$G = 10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \quad (1.31)$$

のように増幅器各段の利得の和で表わされる。デシベルで利得を表わす利点としては、対数を用いるので広い範囲の数値を扱うのに桁が大きく変わらないので便利なことと、このように多段接続の回路の利得を加算もしくは引き算のみで計算でき、直感的にすぐ把握しやすいことが挙げられる。

例

電力利得 6 dB と 10dB の増幅器を 2 段接続した場合の利得：10+6=16dB

電力利得が 6dB の増幅器と-3dB の減衰器を 2 段接続した時の利得：6-3=3dB

また、電圧利得($A=V_{out}/V_{in}$)をデシベルで表わすと

$$A = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (1.32)$$

のようになる。電圧利得で電力利得で係数が異なっているので注意を要する。多段接続の回路の電圧利得を計算するときも電力利得と同様に各段の電圧利得の和をとればよい。

例

電圧が 2 倍に増幅された場合の利得：6dB

電圧が 1/2 倍に減衰した場合の利得：-6dB

さらに電力自体もデシベルで表示することがある。P[mW]の電力は 1mW の電力を基準にして $10 \log_{10} P$ [dBm]と表わす。電圧自体がデシベル表示されているときは 0dBm は 0.775V に相当する。

例

1mW → 0dBm

20mW → 13dBm