



わかっているようで、  
わかっていなかったかも？

## いまさら聞けない初歩の無線数学 Part-2：デシベル，アンテナと電波伝搬

藤田 昇  
Noboru Fujita

無線や高周波の解説には、しばしば数式が登場します。最初は苦手を感じていても、それらを何度も読んでいくうちに、自然と覚えてしまうものです。基本となる数式の種類はそれほど多くありません。それらを覚えておけば、無線や高周波のふるまいを理解するのに大いに役立つでしょう。

本稿では、それらの基本となる数式をおさらいのつもりで解説していただきました。必須と思われる数式にはアンテナ・マークを付けてみました。〈編集部〉

### 8 デシベルを覚えると楽に計算できる

#### ■ dB の意味と計算

dB は「デシベル」または「デービー」と読み、電話の発明者 Alexander Graham Bell からとった単位 B に 1/10 を意味する接頭語 d (deci) を付けたものです。よく使われる比率 0.1 ~ 10 倍の範囲では B だけの表記だと小数点以下になってしまい煩わしいので、数値を 10 倍して dB を使っていました。しかし、今では dB を使うのが習慣になってしまい、B のまま使うことは、まずありません。

式 (8.1) に示すように電力比率が  $R$  のとき、その対

数をとった単位が B であり、その 10 倍が dB 単位となります。10 を底とする対数 (常用対数という) なので、 $\log_{10} R$  と書きますが、底を省略して  $\log R$  とだけ書かれることが多いです。なお、この  $R$  を対数に対して「真数」といい、常に正 (プラス) の値です。

$$R_{dB} = 10 \log_{10} R \dots\dots\dots (8.1)$$

逆に dB 表記から真数に変換する場合は式 (8.2) で計算できます。

$$R = 10^{(R_{dB} \div 10)} \dots\dots\dots (8.2)$$

例えば、比率 2 倍は  $\log_{10} 2 \approx 0.3 \text{ B} = 3 \text{ dB}$  となります。また  $-3 \text{ dB}$  は  $10^{-0.3} = 0.5$  となります。つまり、比率が 1 以上のときは + の dB 値となり、比率が 1 未満のときは - の dB 値となります。

#### ■ dB の利点

##### ● 極めて大きな比率でも少ない桁数で表現できる

無線通信機器では  $1 \text{ MW} (= 1000000 \text{ W})$  以上の大電力から  $1 \text{ fW} (= 0.000000000000001 \text{ W})$  以下の極微小電力まで扱いますので、その比は 20 桁以上にもなってしまいます。一方、dB 表記にすると  $1 \text{ MW}$  は  $90 \text{ dBm}$ 、 $1 \text{ fW}$  は  $-120 \text{ dBm}$  のように、少ない桁数で表せるので数字の扱いが容易になります。

〈表 8.1〉いろいろな dB 表記

単 位	サフィックス	意味、基準	主な用途
dB	(なし)	比 1 を 0 dB とした相対値	汎用
dB	(なし)	1 kHz の最低可聴音を 0 dB とし、周波数補正した絶対値	音響分野、雑音測定
dBc	dB carrier	キャリア・レベルを 0 dBc とした相対値	伝送回線、無線回線
dBO	dB output	基準出力レベルを 0 dBO とした相対値	伝送回線
dBd	dB dipole	ダイポール・アンテナの利得を 0 dBd とした利得 (絶対値)	アンテナ利得
dBi	dB isotropic	理想アンテナ利得を 0 dBi とした利得 (絶対値)	アンテナ利得
dBm	dB milliwatt	1 mW を 0 dBm とした電力 (絶対値)	汎用
dBs	dB signal	600 Ω で 1 mW の電圧 (約 0.77 V) を 0 dBs とした電圧 (絶対値)	低周波回路
dB SPL	dB Sound Pressure Level	音圧レベル $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ を 0 dB とした絶対値	音響分野
dBμ	dB microvolt	$1 \mu\text{V}_{EMF}$ (開放端電圧) を 0 dBμ とした電圧 (絶対値)	無線回線 (UHF 帯以下)
dBV	dB volt	1 V を 0 dBV とした電圧 (絶対値)	低周波回路
dBW	dB watt	1 W を 0 dBW とした電力 (絶対値)	汎用 (大電力回路)

● 真数の乗算を加算で表せる

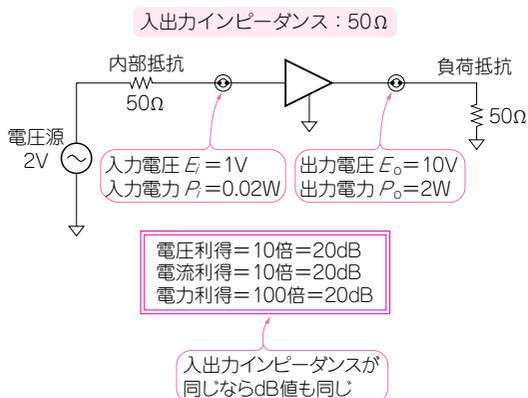
複数段の増幅器や減衰器が接続された回路の合計利得を計算するとき、加減算だけですむので便利です。増幅段数が多い回路や増幅率の変化・偏差を考慮した計算ではdBを使わないと計算がわずらわしくなり、ミスは誘発してしまいがちです。

● 人間の感覚に近い

人間は音の強さを相当広い範囲で知覚できるようになっています。例えば、かすかな虫の声を聞き分けられますし、離陸するジェット機の轟音も音として感じられます。その音圧レベルの比は百億倍ほどありますが、人間はそれほど大きな比と感じません。どちらかといえば音圧を対数表記した方が人間の感覚と合います。そのため、音量や騒音を表すのに昔からdB表記が使われてきました。

■ いろいろなdB

dBは単なる比を表すもので無次元ですが、サフィックスを付けて、表8.1のようなさまざまな単位とし



〈図8.1〉電力利得と電圧利得

■ してはいけないdB平均

測定データの平均値が必要なときがあります。多くの測定器はdB単位(例えば受信電力の測定値はdBm)で出力します。このdBで表された数値をdBのまま算術平均(データの総和÷データ個数)すると、目的の平均値が得られません。dB値の和を取るとは真数の積になってしまうからです。かならず真数になおしてから平均化し、その結果をdB表記に戻してください。

測定データがdBで表記されていると、ベテラン技術者でもついついそのまま算術平均してしまいがちなので気を付けましょう。

でも使われています。これらの中には相対値(比)を表すものと、絶対値を表すものがあるので注意が必要です。

よく間違えるのが「出力0dBm、偏差±3dBm」といった表現です。書いた本人は標準出力が0dBm(1mW)で、±3dB(約-50%、+100%)の偏差があるというつもりでしょうが、真数で表すと1mW±2mWとなり、マイナス側の偏差が大きいときは出力が-1mWになってしまいます(マイナスの電力は存在しない)。

■ 電圧比と電力比

電力比の計算は式(8.1)に示したとおりですが、電子回路では信号レベルを電圧で表すこともあります。電圧比R(真数)からdBへの変換は式(8.3)、逆にdBから電圧比R(真数)への変換は式(8.4)で計算できます。

$$R_{dB} = 10 \log_{10} R^2 = 20 \log_{10} R \dots\dots\dots (8.3)$$

$$R = 10^{(R_{dB} \div 20)} \dots\dots\dots (8.4)$$

式(8.1)と式(8.3)を比べると右辺の第1項が10から20に増えています。これは同じ負荷抵抗値であれば電力比は電圧比の2乗に等しいからです。

■ dBの概略値を暗記しよう

関数電卓があれば真数→dB、dB→真数の変換は簡単にできます。しかし、電子回路の設計や評価中は、その電卓計算さえわずらわしいものです。そこで、よく使われる数値(表A)は暗記してしましましょう(とくに太字の数値)。

わずかな種類を暗記しておくだけで、設計や評価作業の効率が格段に上がります。もっとも、経験を積むといやでも覚えてしまいますが。

〈表A〉よく使うdB値と真数値

正のdB	電力利得	電圧利得	負のdB	電力利得	電圧利得
<b>0 dB</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0 dB</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
1 dB	1.3	1.1	- 1 dB	0.8	0.9
2 dB	1.6	1.3	- 2 dB	0.6	0.8
<b>3 dB</b>	<b>2</b>	<b>1.4</b>	<b>- 3 dB</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>
4 dB	2.5	1.6	- 4 dB	0.4	0.6
5 dB	3	1.8	- 5 dB	0.3	0.56
<b>6 dB</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>- 6 dB</b>	<b>0.25</b>	<b>0.5</b>
7 dB	5	2.2	- 7 dB	0.2	0.45
<b>10 dB</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>- 10 dB</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>
20 dB	100	10	- 20 dB	0.01	0.1