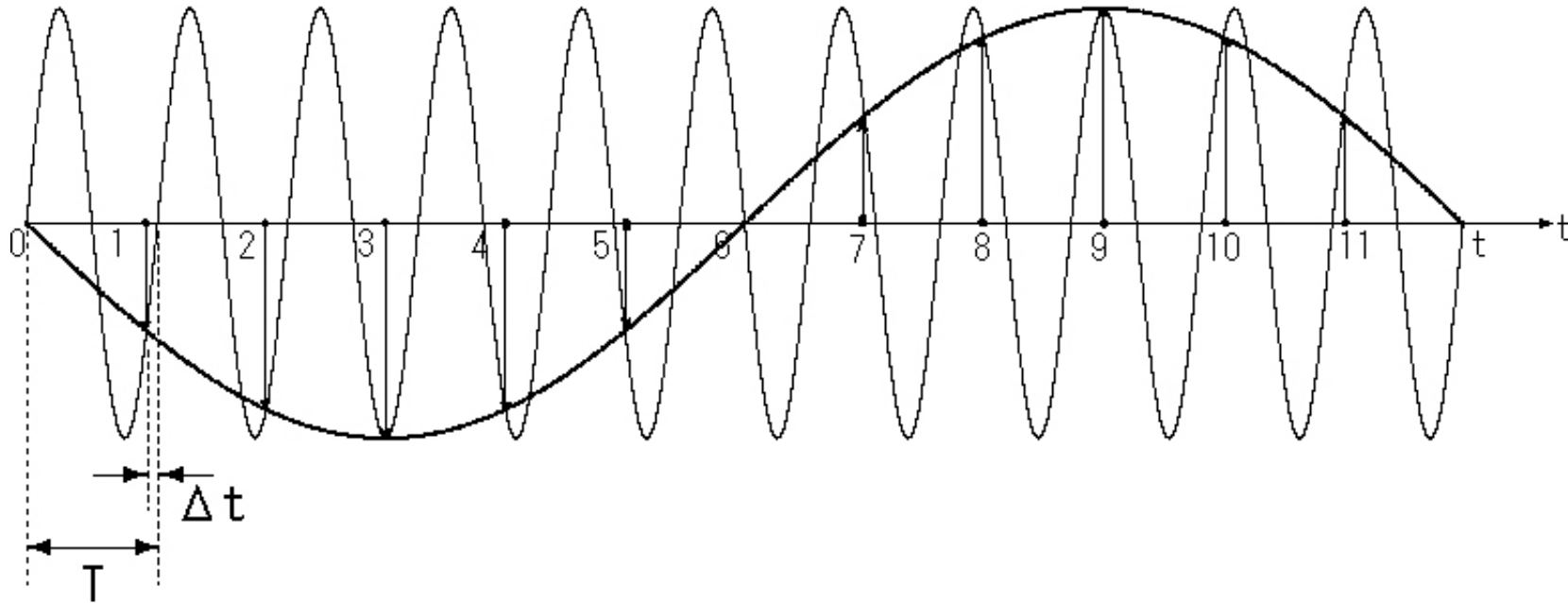


# 電子計測 第4回目 講義資料

杉本 泰博

# エイリアスという現象



$\Delta t = \frac{T}{N}$  の時、1周期の波形を再生するのに必要なデータ数はN個である。

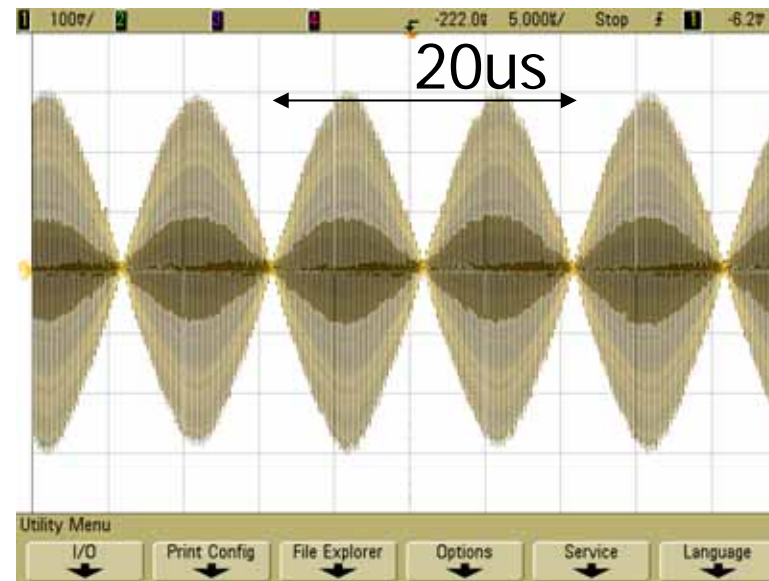
太線1周期に要する時間は、 $N(T - \Delta t) = (N - 1)T$

→ 周波数は  $\frac{1}{(N - 1)}$  に圧縮される。

## 演習問題4.1

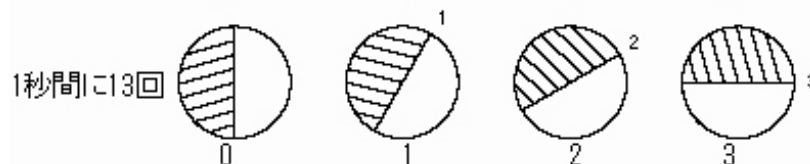
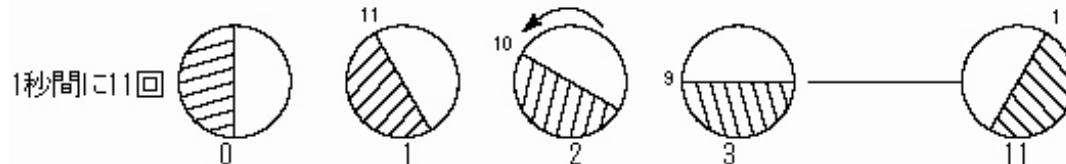
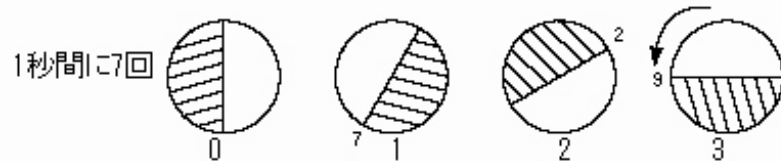
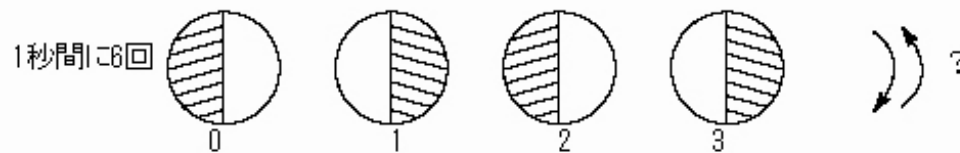
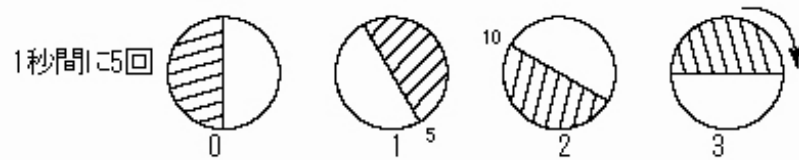
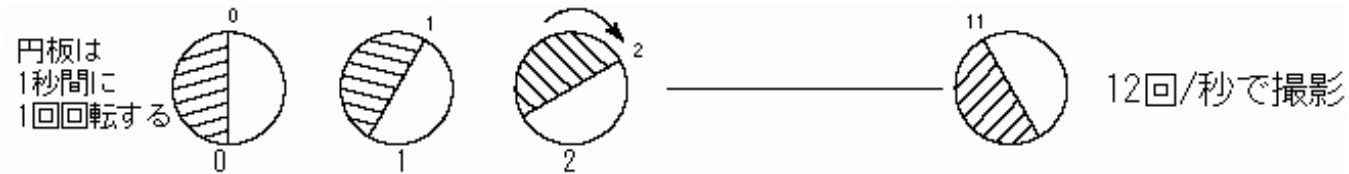
1. 10 MHz でサンプリングしているアナログデジタル変換器に 9.9 MHz の信号を入力した。出力のデジタルデータを再びアナログ信号に戻してオシロで観測するとどのような波形が観測できるか、答えなさい。
2. 10 MHz でサンプリングしているアナログデジタル変換器に 4.95 MHz の信号を入力した。出力のデジタルデータを再びアナログ信号に戻してオシロで観測するとどのような波形が観測できるか、答えなさい。

2. の波形 →



# 円板の回転をストロボを使って撮影する。

円板は常に右に回っているのです。



どちらに回ったの？

1秒間に5回左周りでしょう。

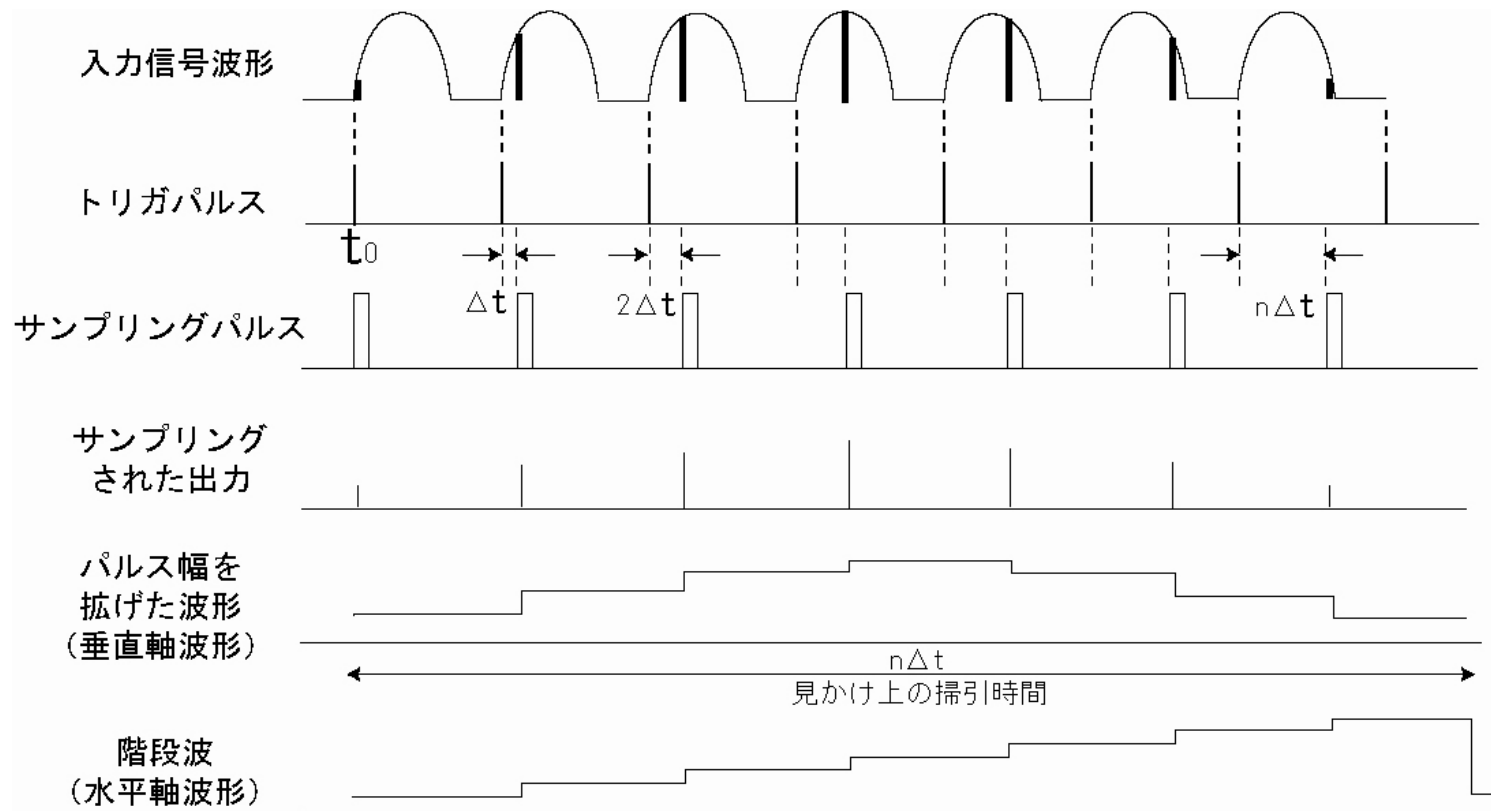
1秒間に1回左周りでしょう。

1秒間に1回右周りですね。

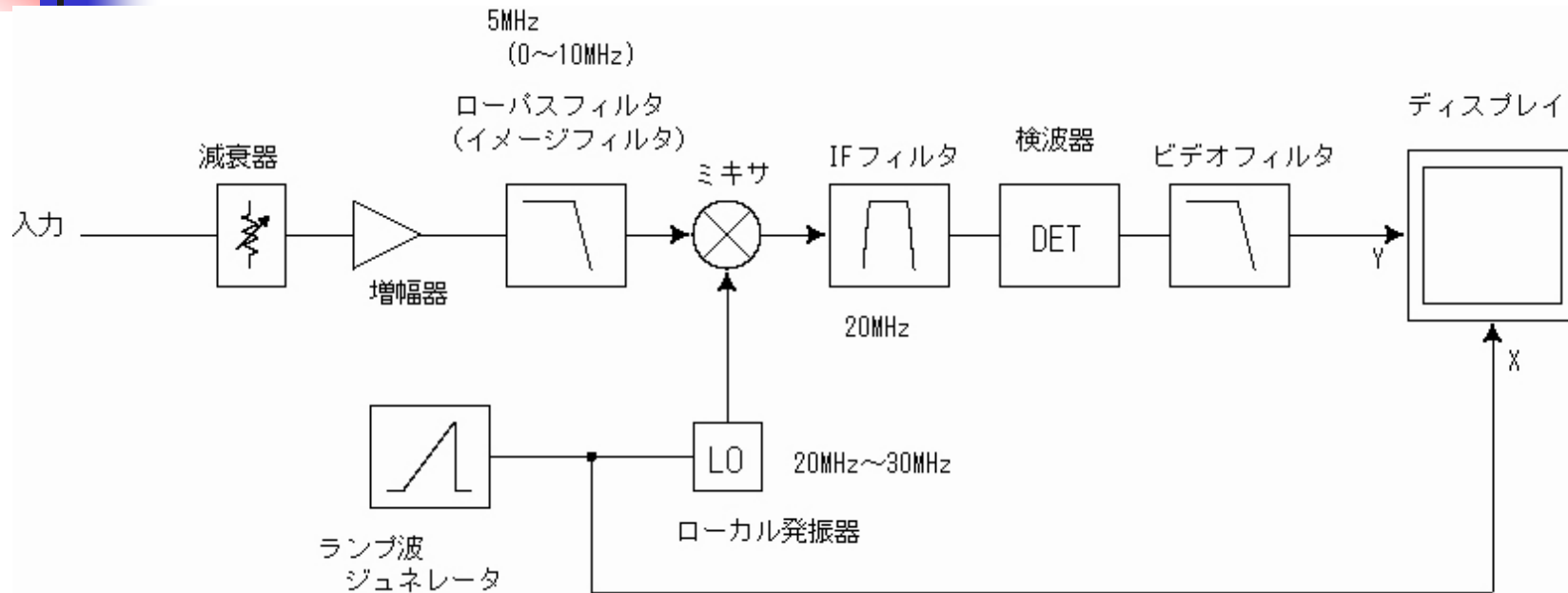
# サンプリング・オシロスコープ

入力信号は繰り返し波形である事が前提。

サンプリングゲート以外の増幅器やディスプレイを  
広帯域化することなく、10 GHz を超える帯域を実現する。



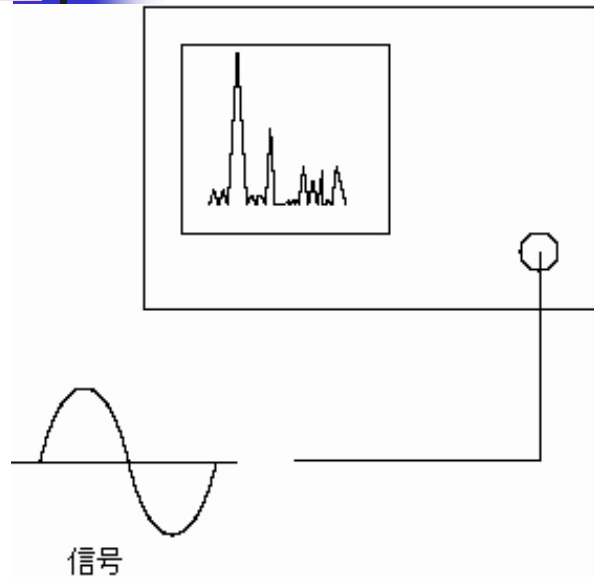
# スペクトラム・アナライザ



	入力	LO	和	差	IF
区別がつかない	5MHz	21MHz	30MHz	20MHz	20MHz
	1MHz	21MHz	22MHz	20MHz	20MHz
	45MHz	25MHz	70MHz	20MHz	20MHz

45Mがイメージ → イメージフィルタで取り除く。

# スペクトラム・アナライザの表示



高周波では、測定器の入インピーダンスは50 Ω である。この50 Ω で1 mW 消費されるとして  $P_{REF}$  を定義する。

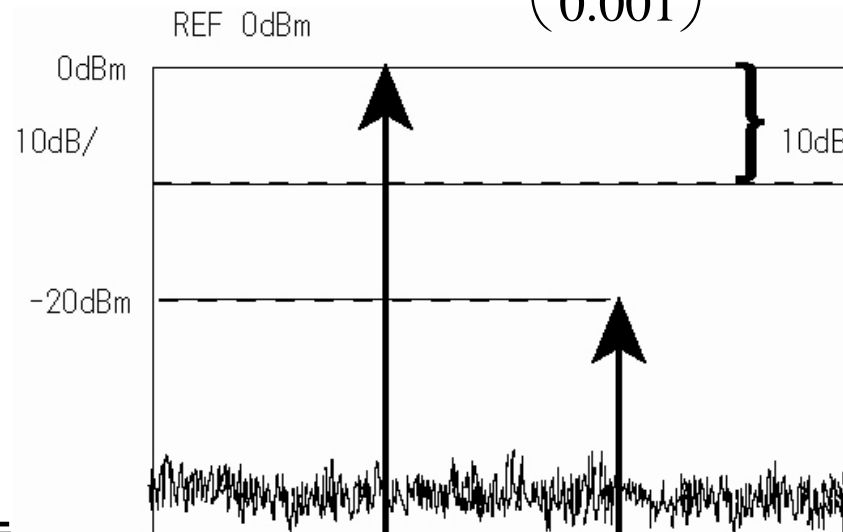
50 Ω 抵抗で 1 mW 消費される時、抵抗両端の電圧は、 $V_{REF} = \sqrt{P \times R} = \sqrt{0.001 \times 50} = 0.2236$  [Vrms]

$$P(\text{dBm}) = 20 \log \left( \frac{V_{\text{rms}}}{0.2236} \right)$$

基本は、
$$P(\text{dB}) = 10 \log \left( \frac{P}{P_{REF}} \right)$$

計測では dBm を使う。これは  $P_{REF}$  を 1 mW とした表記法

$$P(\text{dBm}) = 10 \log \left( \frac{P}{0.001} \right)$$





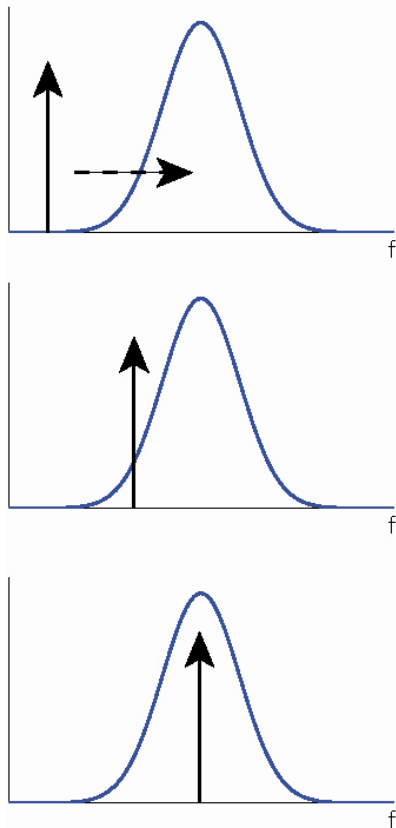
## 演習問題 4.2

---

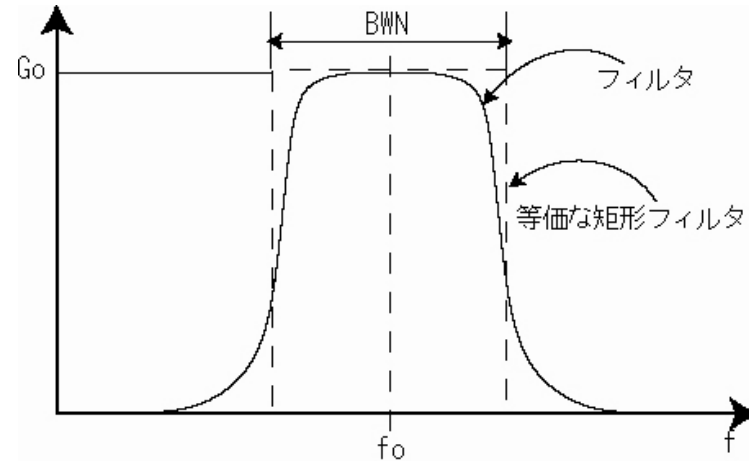
前頁にあるように、抵抗  $R$  に正弦波電圧を加えた場合の抵抗での電力消費を考える場合、正弦波電圧の値には rms という表しかたが使われている。なぜ rms を使わねばならないのでしょうか。



# 等価ノイズ帯域幅



スペアナでのスペクトルの形



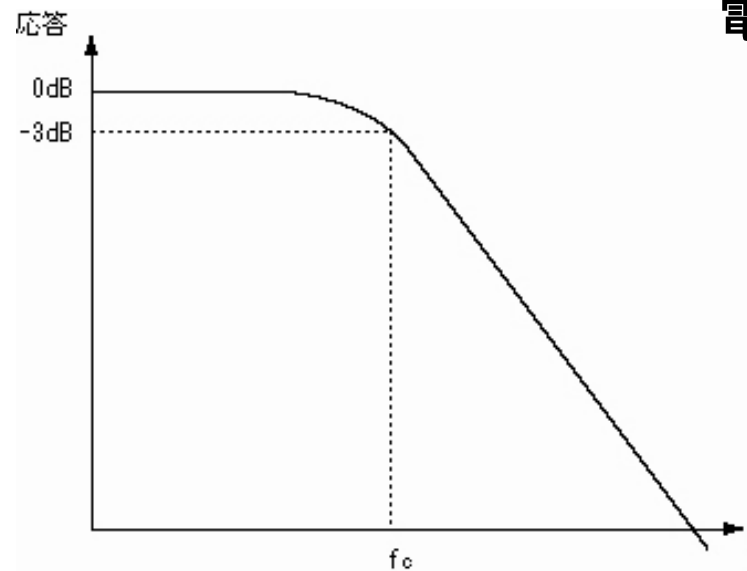
フィルタの電力利得

1. 出力のノイズパワー  $P_N = N_0 \int_0^\infty G(f) df$   
 ↑  
 入力ノイズの電力密度 ( $V^2/Hz$ )
2. 矩形フィルタを考えると、 $P_N = N_0 \cdot G_0 \cdot BW_N$

1. と 2. は同じパワーになるはず。

$$BW_N = \frac{1}{G_0} \int_0^\infty G(f) df$$

# ローパスフィルタの等価ノイズ帯域幅



電圧の伝達関数

$$H(f) = \frac{f_c}{f_c + jf}$$

$$G(f) = |H(f)|^2 = \frac{f_c^2}{f_c^2 + f^2}$$

$G_0 = 1$ であるから、

$$BW_N = \int_0^{\infty} \frac{f_c^2}{f_c^2 + f^2} df = \frac{\pi}{2} f_c = 1.57 f_c$$



# ノイズ帯域幅の変換

$$\begin{aligned} \text{ノイズ(dBm,1Hz)} \\ = 10\log\frac{N_0}{Z_0 \times 1\text{mW}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_0}{Z_0} &: 1\text{Hzあたりのノイズパワー} \\ N_0 &: \text{パワースペクトル密度 (V}^2/\text{Hz)} \\ Z_0 &: \text{系のインピーダンス} \end{aligned}$$

帯域全体にわたりノイズ密度が一定であると仮定すれば、  
帯域幅 $BW_N$ でのノイズは、

$$\begin{aligned} \text{ノイズ(dBm)} &= 10\log\frac{BW_N \times N_0}{Z_0 \times 0.001} \\ &= 10\log(BW_N) + 10\log\frac{N_0}{Z_0 \times 0.001} \end{aligned}$$

$BW_1$ から $BW_2$ に変換するには、 $BW_1$ でのノイズ値に $K$ dBを加える。

$$K_{\text{dB}} = 10\log\left(\frac{BW_2}{BW_1}\right)$$