

### コラム：雑音指数と G/T 比の計算方法

ブースタや LNB などの増幅器は信号を増幅するとともに雑音も増幅してしまいます。しかも、雑音の増幅度の方が大きいので、増幅とともに信号の品質が劣化します。このため、入力の信号品質（入力 SN 比）よりも出力の信号品質（出力 SN 比）の方が下がってしまいます。

雑音指数 NF は、入力 SN 比と出力 SN 比の割合で定義され 1 以上の値となります。また、信号の増幅度である利得を G [倍]、出力雑音電力を N [W]、熱雑音電力を  $kTB$  [W] とすると、増幅器の雑音指数は式 1 のように表せます。

$$\begin{aligned} NF &= \frac{\text{入力 SN 比}}{\text{出力 SN 比}} \\ &= \frac{1}{G} \cdot \frac{N}{kTB} \end{aligned} \quad (\text{式 1})$$

$k$  : ボルツマン定数 ( $1.38E-23$ )  
 $T$  : 絶対温度 [K]  
 $B$  : 帯域幅 [Hz]

次に縦続接続された受信システム全体の総雑音指数を求めます。上式の出力雑音 N は式 2 のように、雑音が信号の利得で増幅された  $kTB \cdot G$  と、増幅器の内部で新たに発生した雑音  $(NF-1)kTB \cdot G$  の合計で表せます。したがって、n 段目の増幅器の出力雑音電力  $N_n$  は、式 3 のようになります。

$$\begin{aligned} N &= NF \cdot kTB \cdot G \\ &= kTB \cdot G + (NF-1)kTB \cdot G \end{aligned} \quad (\text{式 2})$$

$$N_n = N_{n-1} \cdot G_n + (NF_n - 1)kTB \cdot G_n \quad (\text{式 3})$$

これを式 1 に代入すると、以下のように縦続接続された受信システム全体の「総雑音指数」を求めることができます。

$$\begin{aligned} NF_{\text{total}} &= \frac{1}{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdots} \cdot \frac{N}{kTB} \\ &= NF_1 + \frac{NF_2-1}{G_1} + \frac{NF_3-1}{G_1 \cdot G_2} + \frac{NF_4-1}{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3} + \cdots \end{aligned} \quad (\text{式 4})$$

式 4 の第 2 項目の（雑音指数 - 1）は 1 段目の利得で除算されているので、1 段目の利得が高いと総雑音指数 = 1 段目の雑音指数となり、ほぼ 1 段目の雑音指数だけで総雑音指数が決まります。つまり、アンテナの LNB の雑音指数が受信システムの性能に大きく影響することが分かります。

以上の計算は真値での計算になります。雑音指数はデシベル [dB] で表しますので、計算前後で変換が必要です。

$$\text{電力のデシベル [dB]} = 10 \cdot \log_{10}(\text{真値}) \quad (\text{式 5})$$

$$\text{真値} = 10^{(\text{デシベル [dB]}/10)} \quad (\text{式 6})$$

G/T 比はアンテナ利得と受信系の等価雑音温度から求めます。等価雑音温度  $T'$  は雑音電力 N を温度  $T' = N/kB$  に換算した指標です。アンテナ雑音温度  $T_1$  や、LNB の雑音指数 NF による等価雑音温度  $T_2 = (NF-1)T$  などについて、LNB 入力における換算値の総和を求めます。

$$G/T \text{ 比 [dB/K]} = \text{アンテナ利得 [dBi]} - 10 \log_{10}(\text{等価雑音温度 [K] の総和})$$

G/T に関する参考文献：<http://gbros.jp/JR1NNL/IDEA/GT/GT.HTM>

<http://www.geocities.jp/bokunimowakaru/>