

1. 利得と損失の対照表

アマチュアにとって 136kHz 帯は未経験の世界であり、自局の設備による DX がどこまで可能なのかの見当をつけてみたいところです。

偶然に思わぬ伝播に出くわすことも喜びですが、予測に基づいて確実な伝播可能性を見つけることが実力アップにつながります。そこで伝播に関する諸要素を同じ次元 (dB) で比較し伝播可能距離を推定するために、次表を使用します。

利得の部 dB		損失の部 dB	
(a) 送信 EIRP(dBm)		(f) 伝播損失定数@136kHz	15
(b) 送信アンテナ指向性利得	0	(g) 期待 S/N	0
(c) 受信アンテナ指向性利得	0	(h) 受信アンテナ損失 La	
(d) 適応利得 Gn		(i) 許容距離損失 Ld	
(e) 利得合計		(j) 損失合計	

2. 計算基礎と記入方法

上表の空欄を次の要領で埋め、複式簿記のように利得合計と損失合計を等しくします。

- (a) 送信 EIRP... 送信電力を dBm で記入します。例えば 1W=30dBm 100mW=20dBm とし、その他の送信電力 $P_t(mW)$ の場合は次式で計算します。

$$P_t(dBm) = 10 \log_{10} P_t(mW)$$

- (b) および (c) アンテナ指向性利得... モノポールアンテナは 3.5dB 程度の利得がありますが、低仰角方向放射は地面による吸収がありますので利得=0 とみなします。
- (d) 適応利得 Gn... 自局受信機への雑音入力電力 (dBm) の負号を取り除いて記入します。その値は S/N=1 となる受信系の適応利得を表しています。136kHz 帯の受信には周辺環境に応じてランダム雑音が入り混じっており、一般にそれが S メータを相当大きく振ります。そのレベルを SSG 等を用いて比較しておきます。ちなみに当局での事情は次のとおりです。

< S メータの振れと受信機入力電力の関係 >
(TS870S CW モード 400kHz フィルタ)
右表のとおり

< 環境ノイズの大きさ >

逆 L アンテナでは S9+++ -71dBm
地面アンテナでは S5 -97dBm

S メータ表示値	入力レベル (dBm)
0	-130
1	-105
2	-103
3	-101
4	-99
5	-97
6	-94
7	-91
8	-86
9	-79
9+++	-71

- (e) 利得合計... (a)+(d) を記載します。
- (j) 損失合計... (e) を転記します。
- (f) 伝播損失定数@136kHz... 次式のとおり、自由空間伝播損失の実験式に $f=0.136\text{MHz}$ を代入して算出した値から、距離変数項を除いた定数です。

$$Lp(\text{dB}) = 32.44 + 20 \log_{10} f(\text{MHz}) + 20 \log_{10} d(\text{km}) = 15 + 20 \log_{10} d(\text{km})$$

- (g) 期待 S/N... S/N=1 でも相手局の識別ができると仮定します。
- (h) 受信アンテナ損失 L_a ... 到来信号に対して受信機に供給できる電力の割合を dB 表示で記載します。

受信アンテナに短小モノポールアンテナを用いるものとし、アンテナの放射抵抗 R_r 、アンテナ系の損失抵抗 R_l 、受信機の入力抵抗 R_i から、次式で計算します。(算出根拠は付録のとおりです。)

$$L_a(\text{dB}) = -10 \log_{10} \frac{R_r R_i}{(R_r + R_l + R_i)^2}$$

R_r を具体的に測定することは困難ですので、MMANA などのシミュレーションから推定します。 R_l は接地抵抗が支配的ですので、それを実際に測定しておきます。ちなみに当局の逆 L アンテナの場合は、次の値になりました。

$$-10 \log_{10} \frac{0.03 \times 50}{(0.03 + 127 + 50)^2} = 43.2$$

- (i) 許容距離損失 L_d ... (j)-(f)-(h) を記載します。

3. 伝達距離の計算

以上で S/N=1 となるであろう諸元が決まりましたので、(j) 欄の L_d から最大伝播距離 $d(\text{km})$ を次式で計算します。

$$d(\text{km}) = \exp_{10} \frac{L_d}{20}$$

ちなみに当局の環境と設備では $G_n(\text{dB})=71$ $L_a(\text{dB})=43.2$ なので、相手局の EIRP(W)=1 とし、 $d(\text{km})=138.0$ が限界です。仮にノイズによる S メータの振れが S6 程度に下がり $G_n(\text{dB})=94$ となると $d(\text{km})=1,950$ となり、展望が開けます。

4. 設備の改善目標

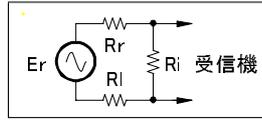
このように伝播距離に係わる各要素を同じ単位 (dB) で対照してみると、自局の設備の弱点が見えてきます。

自己努力で改善できるのは (h) 受信アンテナの損失の低減ですが、単にそれを改善してもそれにつれて (d) ノイズレベルが上がり G_n が下がりますので、根本的解決になりません。

ノイズを上げないで目的信号だけを能率よく受信するアンテナ (そんなものがあるのか? 地面アンテナ系はどうか?) があれば改善が期待できます。それが駄目ならば、ノイズのない場所に移動 (移転) する以外に解決手段がないようです。

付録 1 受信アンテナの能率

受信機への入力回路は次図のように構成されているとして、受信アンテナでの起電力 P_r と受信機への入力電力 P_i との比を求めることにします。



受信アンテナの誘起電圧 E_r として、 P_r は次式で表されます。

$$P_r = \frac{E_r^2}{R_r}$$

受信機の入力抵抗を R_i として、 R_l を含めて不整合状態にあることから、 P_i は次式になります。

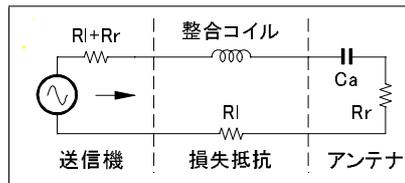
$$P_i = \left(\frac{E_r}{R_r + R_l + R_i} \right)^2 R_i$$

したがって、受信アンテナの能率 P_i/P_r は、次式で表されます。

$$\frac{P_i}{P_r} = \frac{R_r R_i}{(R_r + R_l + R_i)^2}$$

付録 2 送信アンテナの能率

送信機からアンテナへの回路が次図のように構成されているとして、放射電力 P_r と送信機出力電力 P_o の比を求めることにします。ここでは整合回路の損失抵抗がないものとします。



整合回路によってリアクタンス分はキャンセルされますので、 P_o は R_r と R_l の直列回路に供給されます。整合回路入力点での電圧 E_o として、 P_r は次式になります。

$$P_r = \left(\frac{E_o}{R_l + R_r} \right)^2 R_r$$

一方 P_o は次式になります。

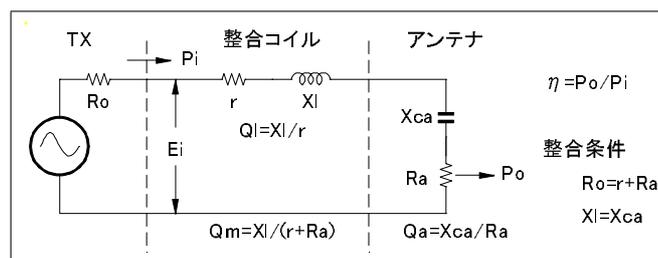
$$P_o = \frac{E_o^2}{R_l + R_r}$$

したがって、送信アンテナの能率 P_r/P_o は、次式で表されます。

$$\frac{P_r}{P_o} = \frac{R_r}{R_l + R_r}$$

付録 3 整合回路の能率

整合回路が次図のように構成され、整合がとれているものとします。



整合回路入力点での電圧 E_i として、 P_o は次式になります。

$$P_o = \left(\frac{E_i}{r + R_a} \right)^2 R_a$$

一方 P_i は次式になります。

$$P_i = \frac{E_i^2}{r + R_a}$$

したがって、整合回路の能率 $\eta = P_o/P_i$ は、次式で表されます。

$$\eta = \frac{R_a}{r + R_a}$$

ここで、コイル自体の Q を Q_l 、整合回路の Q を Q_m とすると、 $r Q_l = (r + R_a)Q_m$ の関係にあるので、これを代入し式を整理すると次式が得られます。

$$\eta = \frac{R_a}{r + R_a} = 1 - \frac{Q_m}{Q_l}$$

以上