

3. 5MHz帯 ARDF 用 TX アンテナは、 隣接樹木からどれくらい離すべきか

2025年8月14日 安島

目次

1. 背景と目的.....	1
2. 結論	1
3. 計算モデル	2
4. 接地抵抗	3
5. 隣接樹木の影響.....	3
5-1 固定整合	3
5-2 逐次整合	6

1. 背景と目的

TX アンテナの周りには樹木があることが多く、その影響がある。図1は FoxOring 用アンテナであるが隣接樹木が近い場合に放射電波強度が弱くなることを経験することが多い。



図1 樹木隣接設置

本書では、隣接樹木の影響をある程度定量的に把握し、**隣接樹木からどれくらい離して設置すべきか**の目安を作成することを目的とする。

なお、本書で扱うアンテナは80mClassic、Sprint用を考える。

2. 結論

最低でも1m、できれば2m離すべきである。

近づけると、水平面指向性の変化はほとんど無いが、放射電波強度が小さくなる。

3. 計算モデル

接地型垂直アンテナの長さ($L[m]$)と同じ高さの樹木一本が $S[m]$ 離れたところにあるとする。

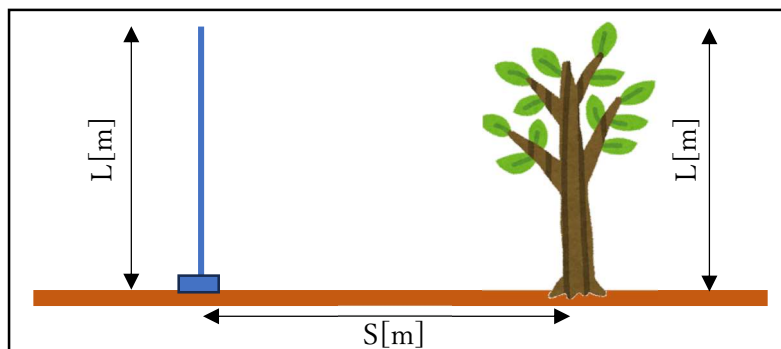


図2 検討モデル

MMANA モデルについては、アンテナは直径 2[mm]の無損失銅線、樹木は直径 10[mm]の無損失銅パイプ（接地抵抗 $=0[\Omega]$ ）とし、大地はリアルグラウンドを用いた。

評価は到達距離（=受信可能限界距離）でおこなった。樹木なし（ $S=\infty$ ）、完全なインピーダンス整合、接地抵抗 $=0[\Omega]$ 、エレメント抵抗 $=0[\Omega]$ の理想状態で、ある送信機とある受信機を用いた時、受信可能限界が 1000m だったと仮定し、種々の条件下でその到達距離が何mに減少するかを計算した。

計算に用いた等価回路を図3に示す。

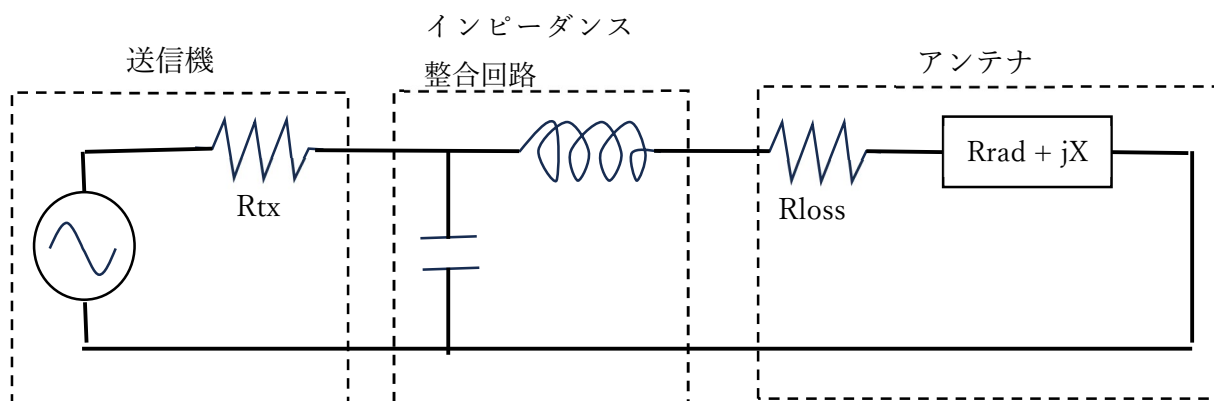


図3 評価等価モデル

R_{tx} ：送信機出力インピーダンス $=50[\Omega]$

R_{loss} ：損失（エレメントなどの銅損+接地抵抗） $[\Omega]$

銅損は 1 $[\Omega]$ 程度であり、接地抵抗に比べるとかなり小さく誤差範囲である。

従って、本書では銅損 $=0[\Omega]$ として扱う。

$R_{rad}+jX$ ：アンテナエレメント単体のインピーダンス $[\Omega]$

R_{rad} は放射抵抗であり、ここで消費される電力が放射電力となる。

周波数=3.55[MHz]

短縮アンテナではローディングコイルを使用したりするが、等価回路ではインピーダンス整合回路に含めることとして、独立したローディングコイルは用いない。

短縮率を上げたり、樹木を近づけたりすると「 $R_{rad} + jX$ 」が変化する。

上記のインピーダンス整合回路は、 $R_{tx} > R_{loss} + R_{rad}$ 用である。 $R_{tx} < R_{loss} + R_{rad}$ 用の整合回路は、C が L の左ではなく右となるが、図示は省略した。

4. 接地抵抗

放射効率 η は、 $R_{rad}/(R_{rad}+R_{loss})$ で定義され、 $R_{loss}=0$ の場合は、アンテナに入力された電力が全て電波に変換されることになる。

放射抵抗 (R_{rad}) は、 $L=1/4\lambda$ であれば約 $35[\Omega]$ であるが、 $L=8[m]$ では $3.6[\Omega]$ 、 $L=2[m]$ では $0.2[\Omega]$ と極端に小さくなり、 $R_{loss}=0$ でない場合は、それにより放射効率が下がることになる。短縮アンテナは飛びが悪いという原因はここにある。

接地抵抗 (R_{loss}) は土壌の性質や接地方法 (アース棒、カウンターポイズなど) によって変化するが、ARDF で用いられているアンテナでは $10 \sim 200[\Omega]$ 程度と推定される。

$R_{loss}=0[\Omega]$ のときの到達距離が $1000[m]$ の時、 $R_{loss}=100[\Omega]$ の場合の到達距離を求めると表 1 のようになる。

表 1 接地抵抗 $=0[\Omega]$ 、 $100[\Omega]$ 時の到達距離

$R_{loss}[\Omega]$	$L[m]$	$R_{rad}[\Omega]$	放射効率[%]	到達距離[m]
0	$21 (=1/4\lambda)$	35	100%	1000
	8	3.58		
	2	0.21		
100	$21 (=1/4\lambda)$	35	26%	510
	8	3.58	3.5%	19
	2	0.21	0.2%	5

これが、短縮アンテナは飛びが悪くなるという主要因である。

5. 隣接樹木の影響

アンテナ樹木間距離と到達距離との関係を求めるが、インピーダンス整合に関して次の二種類を考える

・固定整合

樹木なし状態でアンテナを整合させて整合回路は固定する。

そのアンテナを設置し、設置後はチューニングしない。

・逐次整合

アンテナを設置した都度整合させる。(送信機のアンテナチューナを動作させる)

5-1 固定整合

結果を図 4、図 5 に示す。グラフ内に複数の線があるのは、 R_{loss} を変えているからである。

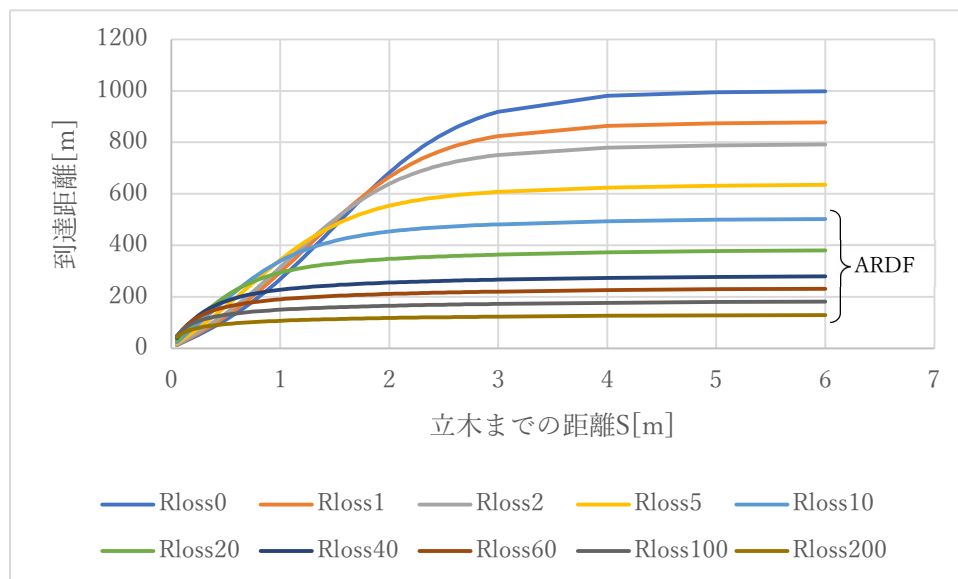


図4 $L=8[m]$ での樹木までの距離の影響

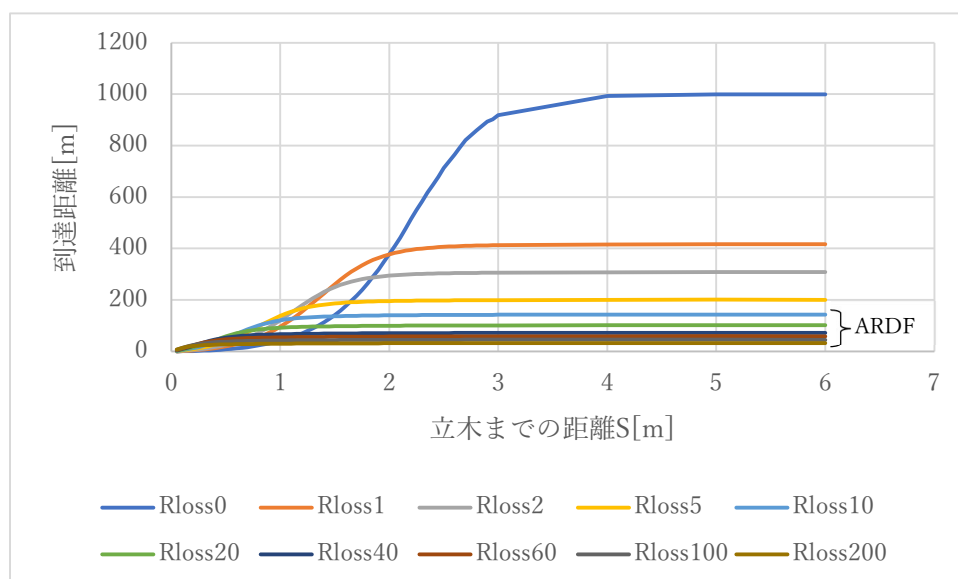


図5 $L=2[m]$ での樹木までの距離の影響

R_{loss} の大小で大きくグラフは変化するが、ARDF で利用しているアンテナでは前述のように $R_{loss}=10\sim200[\Omega]$ 程度と思われるためその範囲に注目する。 $L=8[m]$ にしても $2[m]$ にしても樹木までの距離が $1\sim2[m]$ 程度以下になると、樹木の影響があることがわかる。

ここで、わかりやすくするために、各グラフにおいて、樹木なし ($S=\infty$) の時の到達距離に対する相対比で図示してみる。

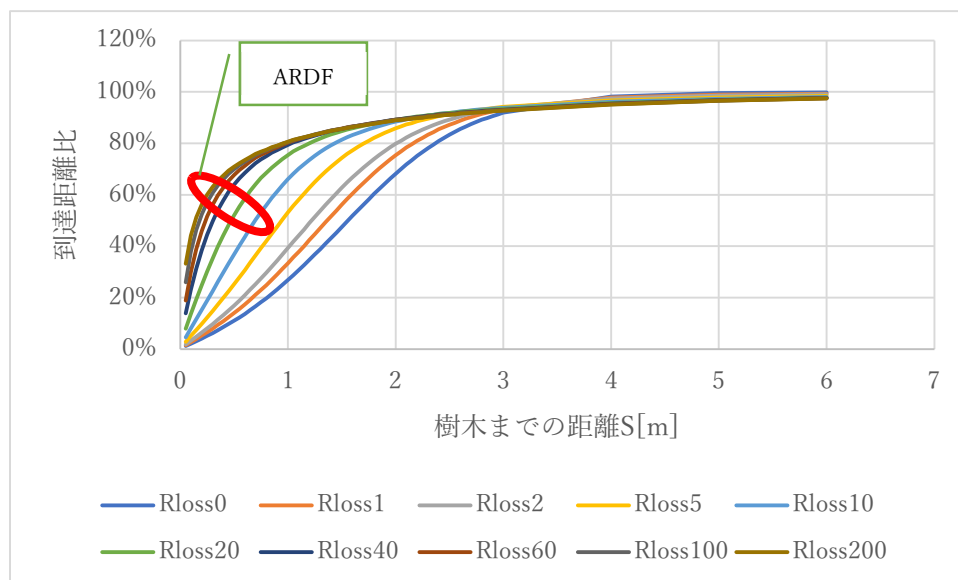


図6 L=8[m]での樹木までの距離と到達距離比

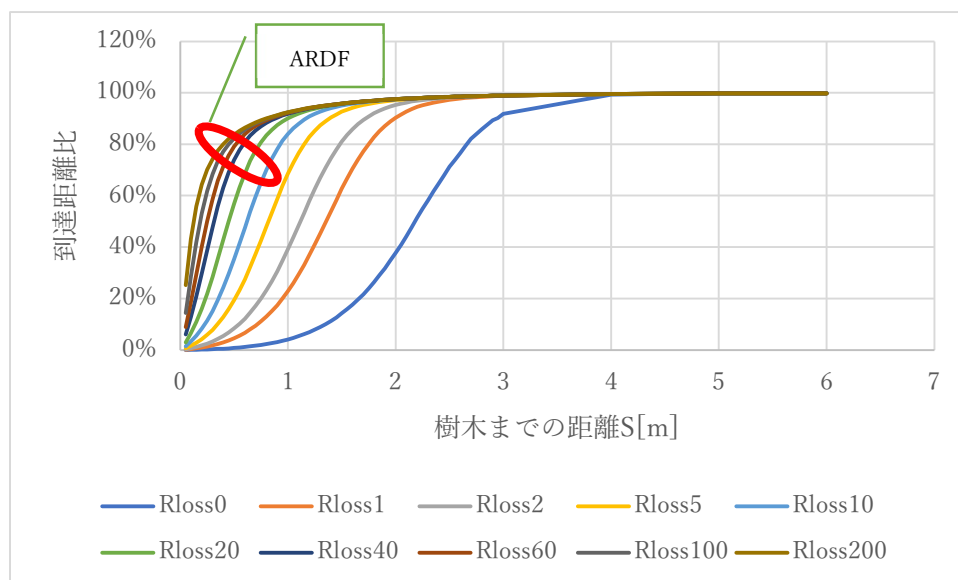


図7 L=2[m]での樹木までの距離と到達距離比

L=8[m]の時も。L=2[m]の時も S=2、3[m]から到達距離は低くなり始め、0.5[m]では約半分まで落ちてしまうことがわかる。

このことから、TX 設置時には最低でも 1[m]樹木から離れた方が良いという結論が得られる。

5 - 2 逐次整合

オートアンテナチューナー付送信機を用い、アンテナ設置後に都度整合をした場合の結果を図8に示す。樹木の影響で発生するアンテナインピーダンス変化分はキャンセルできるものの、放射抵抗低下による放射効率低下分は補正できないため、固定整合と比較すると良化するものの樹木近接ではやはり到達距離は短くなる。

この場合でもやはり 1[m]は欲しいところである。

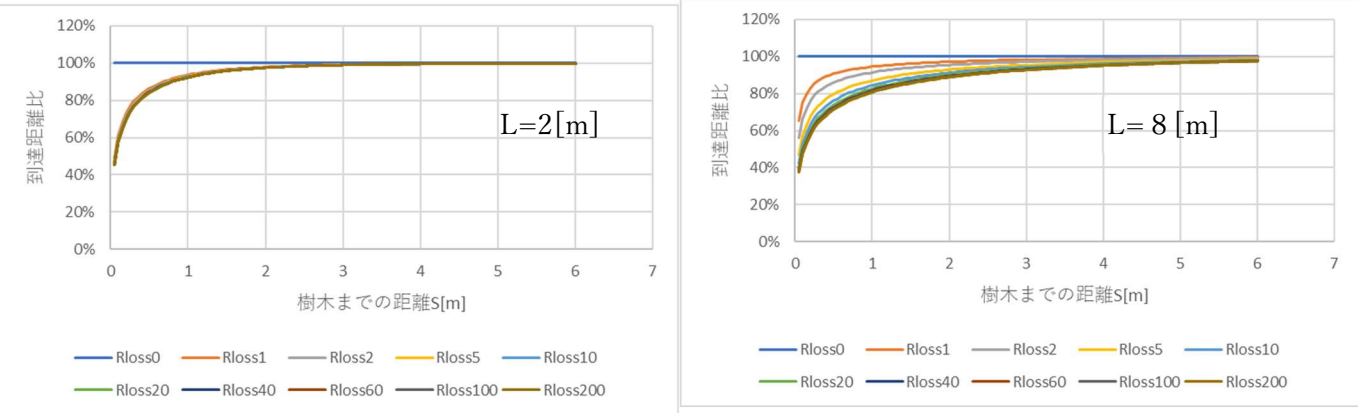


図8 TX 設置後にインピーダンス整合を行った場合の到達距離比

以上