

< 建造物障害予測技術 その3：反射障害予測の概要 >

前回のしゃへい障害予測に引き続き、今回は、反射障害予測について解説します。

☆ 反射障害の原理式の誘導

反射波は、反射板と同じ大きさの窓を空間においたときに送信点からこの窓を通過する電波に相当します。したがって、この窓を通過する電波の電界強度を算出することにより、反射電波の強さを求めることができます。

建造物による反射障害は、図1に示すように送信点から受信点に到達する希望波 E_D と、送信点から建造物の壁面に入射した電波が反射し受信点に到達する反射波 E_U との電界強度の比(DU比)で考えることができます。

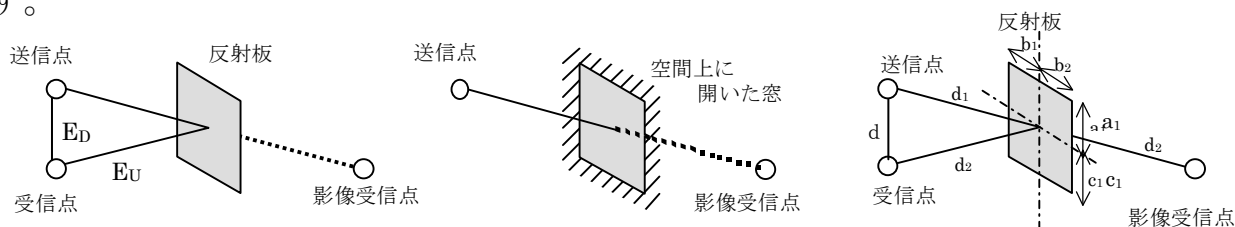


図1 反射障害の考え方

平面大地上におかれた反射板の場合、大地反射波を考慮した希望波 E_D と反射波 E_U の伝ぱん路は、図2「平面大地上の反射波」に示すようになります。

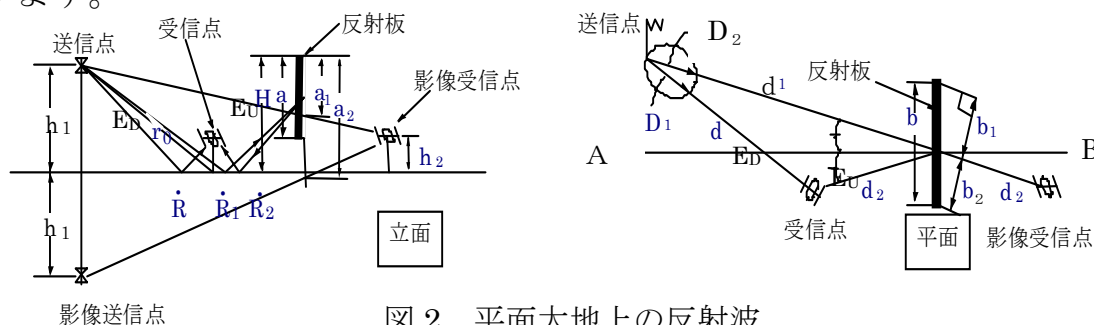


図2 平面大地上の反射波

都市内の場合は、これらの大地反射波の影響に、さらに、都市減衰の影響が加わり、反射障害計算の原理式は相当複雑なものとなります。

詳細は、次回以降に譲りますが、建造物前方にて反射障害となる DU 比 (dB) は、結論としては、次のような式になります。

$$\begin{aligned}
 D/U &= 20 \log_{10} \left(\frac{E_D}{E_U} \right) + D(\theta)_{ANT} \\
 &= K(h_0) + K_U(h_2) - K(h_2) + D(\theta)_{ANT} + D_2 + \eta - D_1 \\
 &\quad + 20 \log_{10} \left[\frac{2S}{2S_1 \cdot 2S_U} \cdot \frac{d_1 + d_2}{d} \times \frac{1}{\left\{ 1 - \Psi(x_{a_1}) - \Psi(x_{c_1}) \right\} \left\{ 1 - \Psi(x_{b_1}) - \Psi(x_{b_2}) \right\}} \right]
 \end{aligned}$$

$K(h_0)$: 建造物反射面への入射波に対する都市減衰[dB]

$K_U(h_2)$: 建造物反射面から受信点への反射波に対する都市減衰[dB]

$K(h_2)$: 送信点から受信点への直接波に対する都市減衰[dB]

$D(\theta)_{ANT}$: 反射板方向の受信アンテナの指向性[dB]

η : 反射面の反射損失[dB]

D_1 : 受信点方向の送信アンテナの指向性[dB]

D_2 : 反射面方向の送信アンテナの指向性[dB]

$2S = 2 \left| \sin \frac{2\pi h_{1e} \cdot h_{2e}}{\lambda \cdot d} \right|$: 送・受信点間の伝ぱん路の大地反射波による位相合成率

$2S_1 = 2 \left| \sin \frac{2\pi h_{1e} \cdot h_0}{\lambda \cdot d_1} \right|$: 送信点・反射面間の伝ぱん路の大地反射波による位相合成率

$2S_U = 2 \left| \sin \frac{2\pi h_0 \cdot h_{2e}}{\lambda \cdot d_2} \right|$: 反射面・受信点間の伝ぱん路の大地反射波による位相合成率

d_1 : 送信点から建造物反射面までの距離[m]

d_2 : 建造物反射面から受信点までの距離[m]

d : 送信点から受信点までの距離[m]

$\left\{ 1 - \Psi(x_{a_1}) - \Psi(x_{c_1}) \right\}$: 建造物反射面縦幅相当部分からの電波

$\left\{ 1 - \Psi(x_{b_1}) - \Psi(x_{b_2}) \right\}$: 建造物反射面横幅相当部分からの電波

☆ 反射障害の予測計算の実用式

原理式から求めた反射ゾーン横断線上および反射方向中心線上の DU 比は、図 3 に示すように建造物から離れるほど大きくなるほか、複雑に振動します。

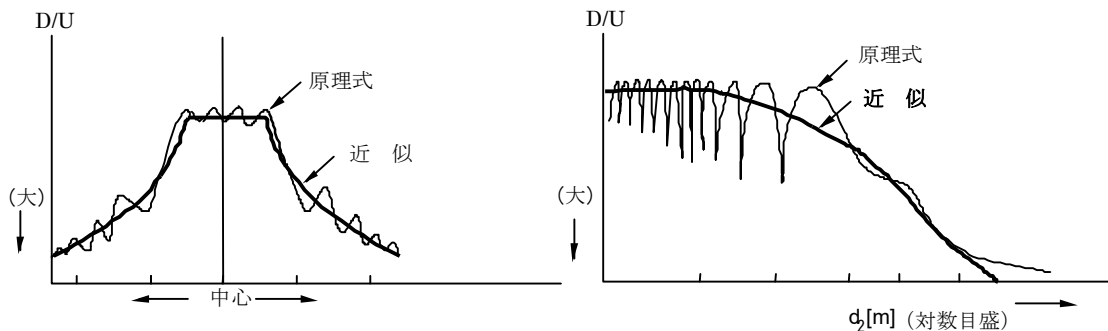


図 3 横断線上と反射方向中心線上の反射波 DU 比の実際とモデル化カーブ

そこで、反射障害を一定の精度でマクロに捉えた反射障害範囲を求めるため、実用式は、中小規模の建造物で高さが送信アンテナ高の 1/2 未満かつ周波数は VHF ならびに UHF と限定した上で DU 比の振動する項を図 3 の実線に示すように近似モデル化し簡略化します。その結果、反射波の反射面からの各距離における DU 比[dB]と反射面からの各距離における障害片幅 $W_0/2$ [m]を計算する実用式はつぎの式になります。

$$D/U = (D_2 - D_1) + K(h_0) + \eta_e + D(\theta)_{ANT} - 20 \log_{10}(E_{x1} \cdot 2S_U \cdot \beta_V \cdot A_e \cdot B_{e0} \cdot E_{xd})$$

$$\frac{W_0}{2} = \frac{w_0}{2} \cdot 10^{\frac{\eta_e - \eta_{e0}}{20}}$$

- D_1 : 受信点方向の送信アンテナの指向性[dB]
- D_2 : 反射面方向の送信アンテナの指向性[dB]
- $K(h_0)$: 建造物反射面への入射波に対する都市減衰[dB]
- η_e : 反射面の凹凸や異材料の組合せを考慮した実効的な反射損失[dB]
- η_{e0} : 反射面材料の反射損を考慮し均一平面としたときの反射損失[dB]
- $D(\theta)_{ANT}$: 配電線などの再放射作用を考慮した受信アンテナの指向性[dB]
- E_{x1} : 反射面および受信アンテナに到来する電波の位相損失の比
- $2S_U$: 都市減衰と大地反射を考慮した反射波の位相合成率

- β_v : 反射面に入射する電波の仰角による反射面縦幅のフレネル積分値の補正值
- A_e : 都市減衰と反射面の凹凸を考慮した反射面縦幅のフレネル積分値
- B_{e0} : 反射方向中心線上から見た反射面横幅のフレネル積分値
- E_{xd} : 受信点に到来する希望波と反射波の伝ぱん距離差による電界強度比
- $\frac{w_0}{2}$: 反射損がない反射面（金属平板）のときの障害片幅 [m]

入射波に対して、光学方向 1、光学方向 2、入射方向を個々に計算した結果に基づき反射障害範囲を図 4 のようになります。

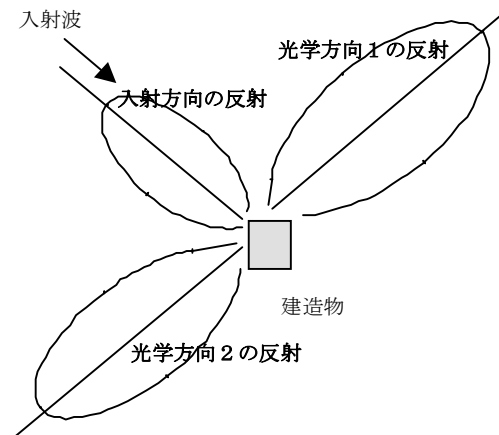


図 4 反射障害範囲