

＜建造物障害予測技術 その 20：反射障害 1＞
 (自由空間におけるビル反射 1)

☆ 反射障害とは？

反射障害は、ビルなどの建造物の反射面に入射したテレビ電波が反射して妨害波となり、受信点に希望波より遅れて到達するため生ずる障害です。

図 1 (a) のように、ビル建築前の送信点 T より d 離れた受信点 R においてテレビ電波を受信したとき、希望波強度が $D(\text{dB})$ あったとします。次に図 1 (b) のように建造物が建築され反射波が発生し、受信点での反射波の電界強度 (以下、反射波強度と呼びます。) が $U(\text{dB})$ になったとすると、デシベルで表わした DU 比は、

$$\text{DU 比} = D - U$$

となります。いま、 $D=80\text{dB}$ 、 $U=70\text{dB}$ とすれば、DU 比は 10dB となり、ビル建築により相当はつきりとしたブロックノイズが発生したり画面がブラックアウトしたりします。このような現象を反射障害といいます。

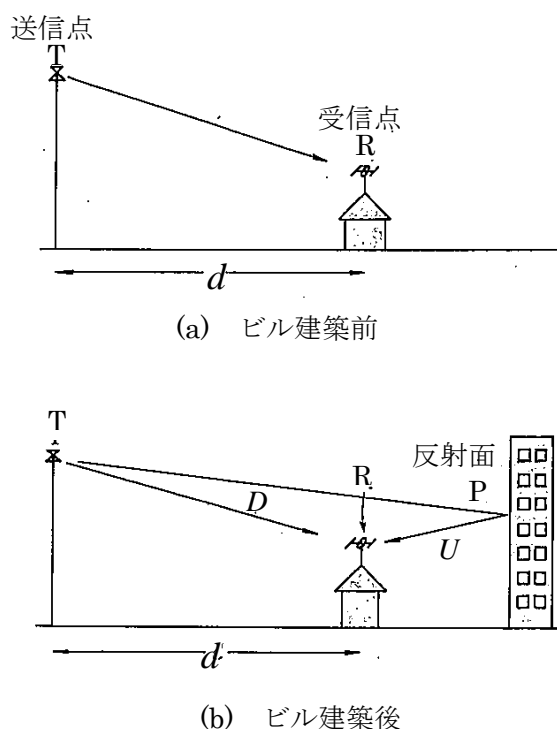
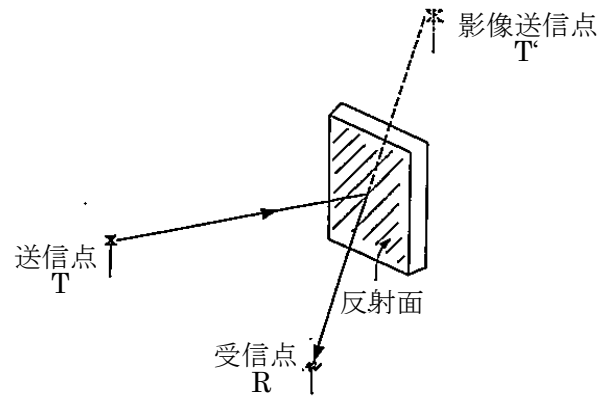


図 1 反射障害の考え方

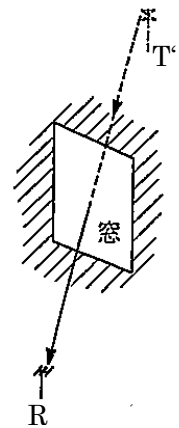
☆ 自由空間における反射の基礎

ビルなどの壁面からの反射を考える前に、理想的な反射面(反射率100%)について考えてみます。

図2(a)のような反射面で反射し、受信点に達する電波の強さは、図2(b)のような反射面と同じ大きさの窓を通過してくる電波として扱うことができます。



(a) 反射面での反射電波



(b) 窓を通過する電波

図2 反射面での反射波と窓を通過する電波の概念

図3のように、送・受信点 T,R を結ぶ線上の直角な窓を通過する電波の電界 \dot{E}_r は、No150 のスリットによるしゃへい電界のフレネル積分解析によるしゃへい電界の応用、すなわち、上下左右にスリットがある窓として次式で与えられます。

$$\dot{E}_r = \{1 - \Psi(x_{a_1}) - \Psi(x_{a_2})\} \cdot \{1 - \Psi(x_{b_1}) - \Psi(x_{b_2})\} \dot{E}_0 \quad \dots \dots (160-1)$$

ただし、

$$x_{a_1} = ka_1 \quad x_{a_2} = ka_2 \quad x_{b_1} = kb_1 \quad x_{b_2} = kb_2$$

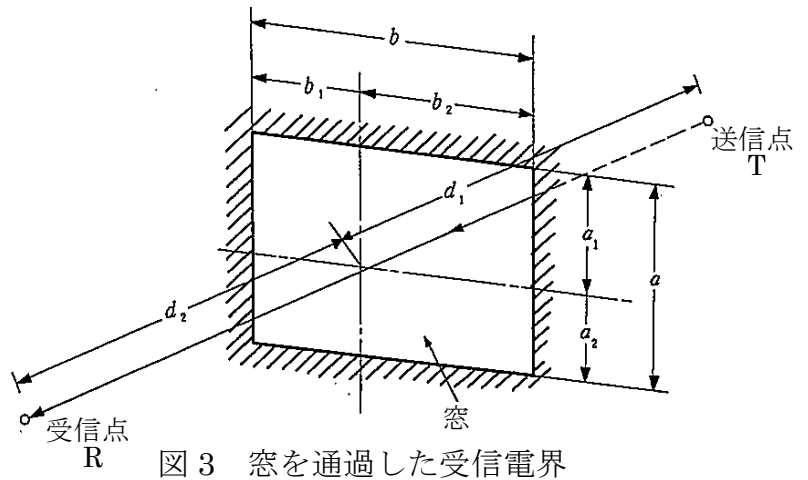
$$k = \sqrt{\frac{\pi \cdot d_1 + d_2}{\lambda \cdot d_1 d_2}} \quad \dot{E}_0 = -j \frac{7\sqrt{P_e}}{d_1 + d_2} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_1 + d_2)}$$

(160-1) 式において各パラメータを変えた場合の E_r の変化を考えると次のようになります。

ただし、一つのパラメータを変化させているとき、他のパラメー

タは一定とします。

- ① 周波数を低くする（波長 λ を長くする）とある周波数を境に反射波強度は低下します。



- ② 反射面からの距離 d_2 を大きくすると、ある d_2 から反射波強度は低下します。
- ③ 反射面の大きさ $a(a_1, a_2)$ 、 $b(b_1, b_2)$ を小さくすると、ある大きさから反射波強度は低下します。

また、送・受信点を結ぶ線が窓の中心を通る場合、(160-1) 式は簡略化され次式で表されます。

$$\dot{R}_r = \{1 - 2\Psi(x_a)\}\{1 - 2\Psi(x_b)\}\dot{E}_0 \quad \dots \dots \dots (160-2)$$

ただし、

$$x_a = x_{a_1} = x_{a_2} = k \frac{a}{2}$$

$$x_b = x_{b_1} = x_{b_2} = k \frac{b}{2}$$

(160-2) 式の右辺第1項と第2項は同一形であり、その大きさ $|1 - 2\Psi(x)|$ の変化は、スリットの場合と同様で、図4のようになります。しゃへい係数 x を0から増加していくと $x = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ まではほぼ直線的に増加し、それ以上では1を中心に振動しながら1

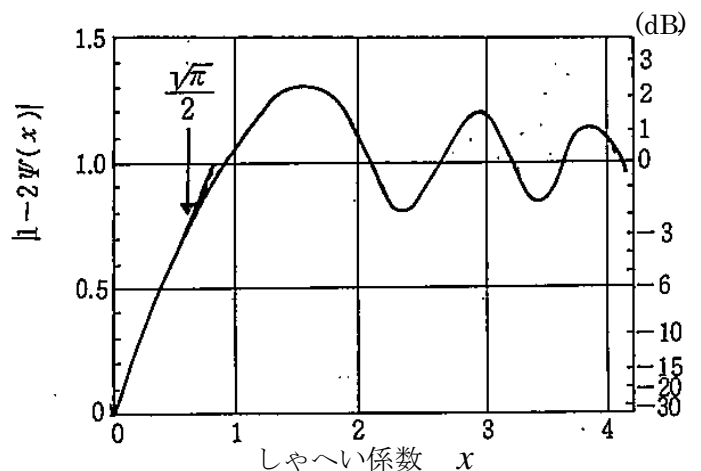


図4 $|1 - 2\Psi(x)|$ とその近似カーブ

へ収れんします。いいかえると、 $d_1 \gg d_2$ では $k \doteq \sqrt{\pi/\lambda d_2}$ であるので

- ① 反射面の大きさを一定とし、反射面から十分離れた地点から反射面に近づくと、反射波強度は 0 から次第に大きくなり、振動しながら入射波強度は収れんします。
- ② 反射面からの距離を一定とし、反射面の大きさを大きくしていくと、反射波強度は 0 から増加し、振動しながら入射波強度に収れんします。

このように、 $x = \sqrt{\pi}/2$ を境に、反射波強度がほぼ直線的に増加する領域と、振動する領域に分けられます。前者をフラウンホッフ領域、後者をフレネル領域といいます。No164 で述べるように反射障害範囲を予測する実用式においては、

○ $x_a, x_b < \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ (フラウンホッフ領域) では

$$E_r = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot k \frac{a}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot k \frac{b}{2} E_0 = \frac{ab}{\pi} k^2 E_0 = \frac{ab}{\pi} \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} E_0 \doteq \frac{ab}{\lambda d_2} E_0$$

. (160-3)

○ $x_a, x_b \geq \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ (フレネル領域) では

$$E_r \doteq 1 \cdot 1 \cdot E_0 = E_0$$

. (160-4)

で反射波強度を近似しています。

次に、反射面からの距離による反射波強度の変化を考えてみます。反射波強度は、図 4 より x が $\sqrt{\pi}/2$ より大きくなると、振動する項を平均化し入射波強度と同一となり、 x が $\sqrt{\pi}/2$ より小さくなると、反射波強度はなめらかな減衰特性を示します。この減衰を開始する距離は、次のように反射面の縦幅、横幅により決まります。

○ 縦幅による減衰開始距離 d_{2a} (図 5 (a))

$$x_a = k \cdot \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{\pi \cdot d_1 + d_{2a}}{\lambda} \cdot \frac{a}{2}}$$

$d_1 \gg d_{2a}$ とすると

$$x_a \doteq \sqrt{\frac{\pi}{\lambda d_{2a}} \cdot \frac{a}{2}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{a}{\sqrt{\lambda d_{2a}}}$$

縦幅による減衰開始距離 d_{2a}

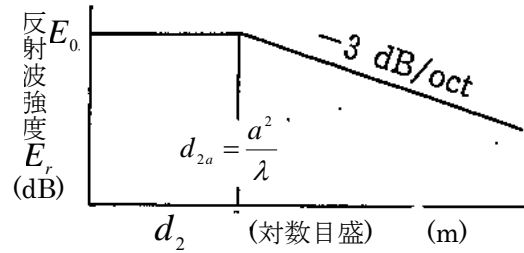
は、

$$\frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{a}{\sqrt{\lambda d_{2a}}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

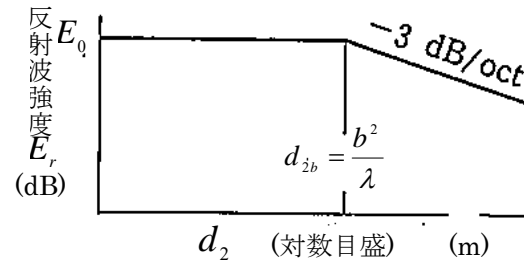
が成立する距離 d_{2a} なので
この式の d_{2a} を解くと

$$d_{2a} = \frac{a^2}{\lambda}$$

なります。



(a) 縦幅が有限長 (横幅は無有限長)



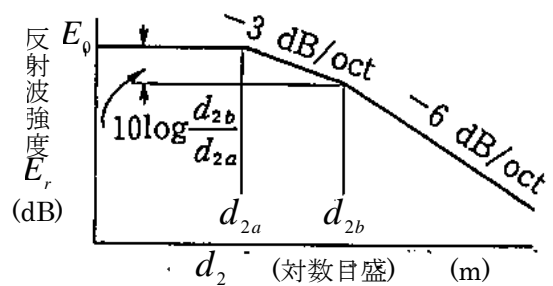
(b) 横幅が有限長 (縦幅は無有限長)

○ 横幅による減衰開始距離 d_{2b} (図 5 (b))

縦幅による減衰開始距離の場合と同様に、

$$d_{2b} = \frac{b^2}{\lambda}$$

となり、 $a < b$ のときの
反射波強度の距離特性は
図 5(c) のようになります。



(c) 縦幅、横幅とも有限長 ($a < b$)

図 5 自由空間における有限長反射面の
反射波強度の距離特性