

＜建造物障害予測技術 その23：反射障害4＞
 (平面大地におけるビル反射)

平面大地上におかれたビルからの反射波強度を求めるには、しゃへい障害の場合と同様、大地反射波を考慮しなければなりません。図1において、希望波の電界は、送信アンテナの受信点方向の指向性と大地反射波により次式で表わされます。

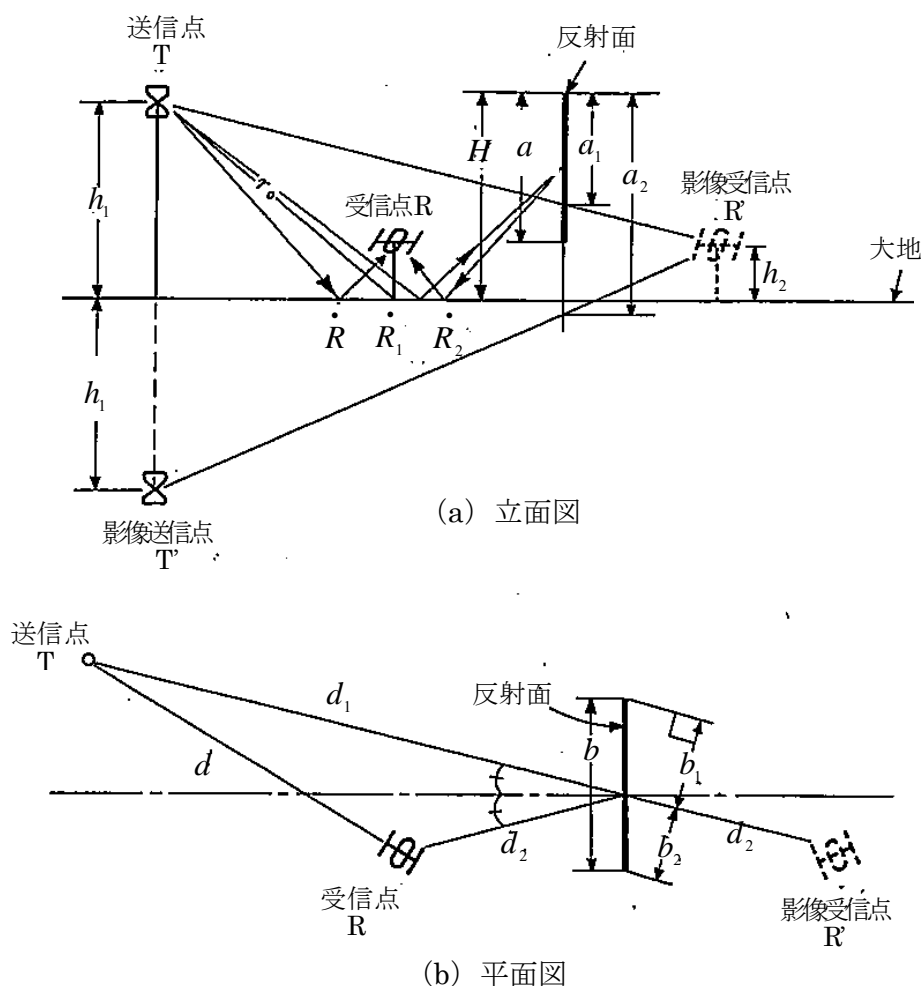


図1 平面大地のビル反射

$$\dot{E}_D = 10^{-\frac{D_{\theta_1}}{20}} \cdot \left(e^{j\theta_r} + R e^{-j\theta_r} \right) \dot{E}_0 \quad \dots \dots \dots (163-1)$$

ただし、

D_{θ_1} : 受信点方向の送信アンテナ指向性 (dB)

$$\dot{E}_0: -j \frac{7\sqrt{P_e}}{d} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}d} \quad \theta_r: \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}$$

また、受信点における反射波の電界は次式となります。

$$\dot{E}_U = 10^{-\frac{D_{\theta_2} + \eta}{20}} \left(\dot{A}_{C(1\sim4)} \dot{B} \right) \dot{E}_0' \quad \dots \dots \dots (163-2)$$

ただし、

D_{θ_2} : 反射面方向の送信アンテナ指向性 (dB)

$\dot{A}_{C(1\sim4)}$: 横幅無限大とした反射面を経由する電波の大地反射を考慮したフレネル積分値

η : 反射面損失 (dB) $\dot{B}: 1 - \Psi(x_{b_1}) - \Psi(x_{b_2})$

$$x_{b_1} = kb_1 \quad x_{b_2} = kb_2 \quad k = \sqrt{\frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$

$$\dot{E}_0' : -j \frac{7\sqrt{P_e}}{d_1 + d_2} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(d_1 + d_2)}$$

(163-2) 式で、 \dot{B} : は No153 自由空間でのしゃへいの (153-7) 式で述べたので解説は省略します。 $\dot{A}_{C(1\sim4)}$ は、No150 のスリットによるしゃへい電界、No151 の平面大地上におけるしゃへい電界を応用して、次の考え方で求めることができます。

図1で送信点からのテレビ電波が受信点に到来するには、図2に示すように

- ① → ③の伝ぱん経路
- ② → ③の伝ぱん経路
- ① → ④の伝ぱん経路
- ② → ④の伝ぱん経路

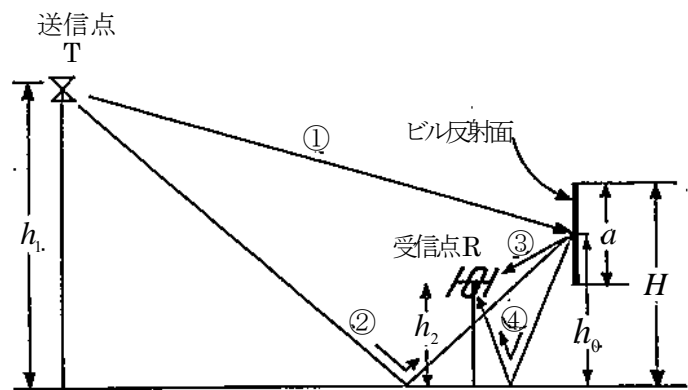


図2 反射波の伝ぱん経路

の 4 経路が考えられます。ここで、ビル反射面を横幅無限大の窓におきかえ、各伝ぱん経路でのフレネル積分値を求めてみます。

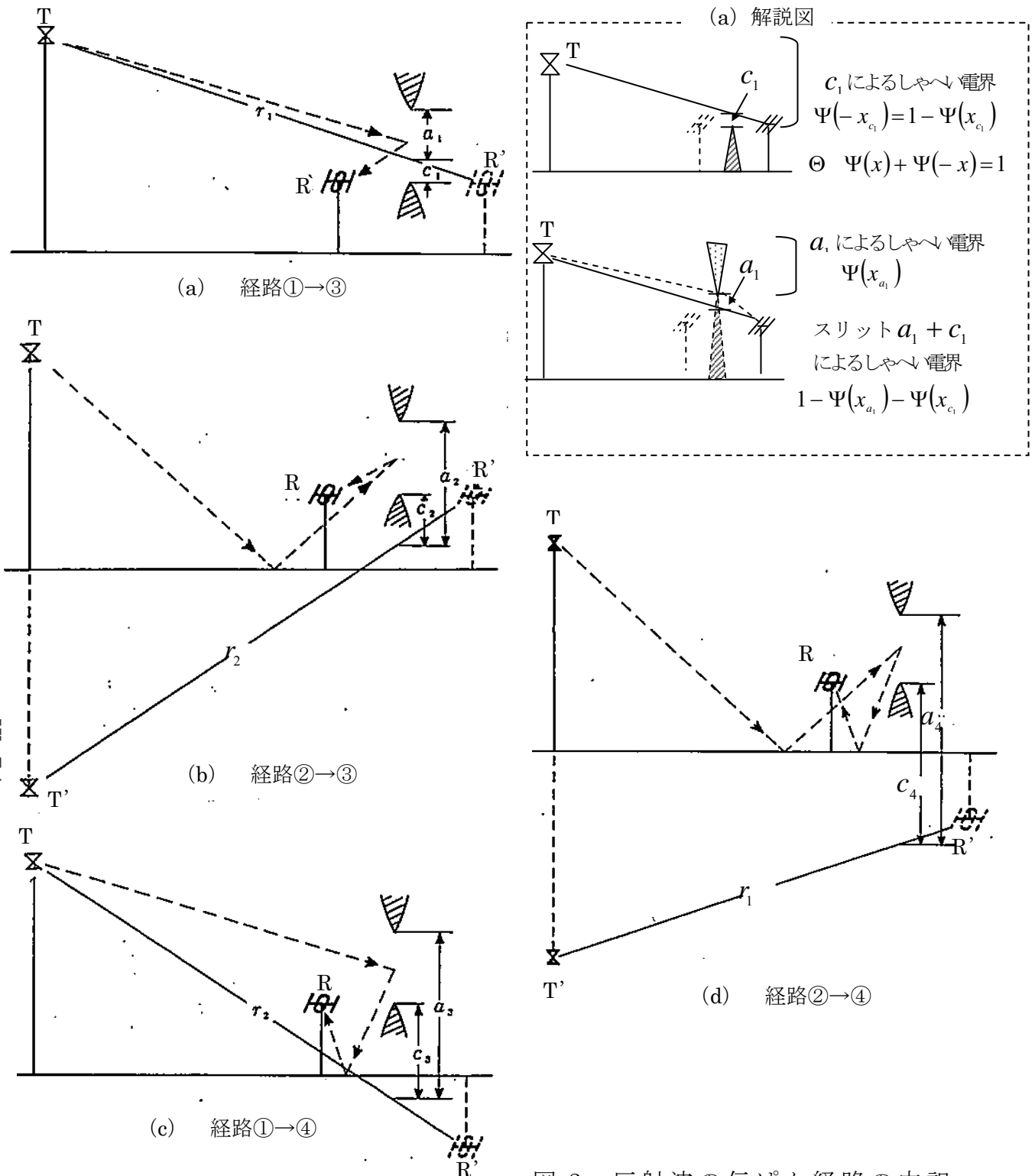


図 3 反射波の伝ぱん経路の内訳

☆ ①→③ の伝ぱん経路

この経路では、電波は図 3(a) に示す r_1 が最短経路となり、この経路について $a_1 + c_1$ の幅の窓を通過する電界を求めればよく、フレネル積分値は、

$$\dot{A}_{C(1)} = \{\Psi(-x_{c_1}) - \Psi(x_{a_1})\} e^{j\theta_r} = \{1 - \Psi(x_{a_1}) - \Psi(x_{c_1})\} e^{j\theta_r} \quad \dots (163-3)$$

ただし、

$$\theta_r = \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda(d_1 + d_2)} \quad x_{a_1} = ka_1 \quad x_{c_1} = kc_1 \quad c_1 = a - a_1$$

となります。

☆ ②→③ の伝ぱん経路

この経路は、送信点と反射面中心との間の大地（反射係数 \dot{R}_1 ）し、反射面でさらに反射して受信点に達します。最短経路は、図 3(b) のように r_2 となり、フレネル積分値は、

$$\dot{A}_{C(2)} = \dot{R}_1 \{\Psi(x_{c_2}) - \Psi(x_{a_2})\} e^{-j\theta_r} = \dot{R}_1 \{1 - \Psi(x_{a_2}) - \Psi(-x_{c_2})\} e^{-j\theta_r} \quad \dots (163-4)$$

ただし、

$$x_{a_2} = ka_2 \quad x_{c_2} = kc_2 \quad c_2 = a_2 - a$$

となります。

☆ ①→④ の伝ぱん経路

この経路では、図 3(c) のように反射面と受信点間の大地で電波は反射（反射係数 \dot{R}_2 ）します。最短経路は (2) と同様に r_2 で、窓を通過する電波のフレネル積分値は次のようになります。

$$\dot{A}_{C(3)} = \dot{R}_2 \{\Psi(x_{c_3}) - \Psi(x_{a_3})\} e^{-j\theta_r} = \dot{R}_2 \{1 - \Psi(x_{a_3}) - \Psi(-x_{c_3})\} e^{-j\theta_r} \quad \dots (163-5)$$

ただし、

$$x_{a_3} = ka_3 \quad x_{c_3} = kc_3 \quad c_3 = a_3 - a$$

となります。

☆ ②→④ の伝ぱん経路

この経路では、図 3(d) のように送信点と反射面、反射面と受信点間の大地で電波は反射（反射係数 \dot{R}_1, \dot{R}_2 ）し受信点に達します。最短経路は r_1 で窓を通過する電波のフレネル積分値は次のようになります。

$$\dot{A}_{c(4)} = \dot{R}_1 \dot{R}_2 \left\{ \Psi(x_{c_4}) - \Psi(x_{a_4}) \right\} e^{j\theta_r} = \dot{R}_1 \dot{R}_2 \left\{ 1 - \Psi(x_{a_4}) - \Psi(-x_{c_4}) \right\} e^{j\theta_r}$$

. (163-6)

ただし、

$$x_{a_4} = ka_4 \quad x_{c_4} = kc_4 \quad c_4 = a_4 - a$$

したがって、横幅無限大の窓を通過する電波のフレネル積分値は、

(163-3)式から(163-6)式を合成した $\dot{A}_{c(1\sim4)}$ で与えられます。

$$\dot{A}_{c(1\sim4)} = \left[\left\{ 1 - \Psi(x_{a_1}) - \Psi(x_{c_1}) \right\} + \dot{R}_1 \dot{R}_2 \left\{ 1 - \Psi(x_{a_4}) - \Psi(x_{c_4}) \right\} \right] e^{j\theta_r}$$

$$+ \left[\dot{R}_1 \left\{ 1 - \Psi(x_{a_2}) - \Psi(-x_{c_2}) \right\} + \dot{R}_2 \left\{ 1 - \Psi(x_{a_3}) - \Psi(-x_{c_3}) \right\} \right] e^{-j\theta_r}$$

. (163-7)

$\dot{A}_{c(1\sim4)}$ は、しゃへい障害の $\dot{A}_{c(1\sim4)}$ と同様に近似され、(163-2) 式は次式のようにになります。

$$\dot{E}_U = 10^{\frac{D_{\theta_2} + \eta}{20}} \cdot \left(e^{j\theta_r'} + \dot{R}_1 e^{-j\theta_r'} \right) \left(e^{j\theta_r''} + \dot{R}_2 e^{-j\theta_r''} \right) \cdot \left\{ 1 - \Psi(x_{a_1}) - \Psi(x_{c_1}) \right\} \cdot \left\{ 1 - \Psi(x_{b_1}) - \Psi(x_{b_2}) \right\} \dot{E}_0'$$

. (163-8)

ただし、

$$\theta_r' : \frac{2\pi h_1 h_0}{\lambda d_1} \quad \theta_r'' : \frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2} \quad h_0 : H - \frac{a}{2}$$

大地反射係数 $\dot{R}, \dot{R}_1, \dot{R}_2$ を -1 とおくと、No147 「自由空間ならびになめらかな平面大地における電波伝ぱん」で述べたように、

$$\left| e^{j\theta_r} + \dot{R} e^{-j\theta_r} \right| \doteq 2 \left| \sin \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} \right| = 2S$$

$$\left| e^{j\theta_r'} + \dot{R} e^{-j\theta_r'} \right| \doteq 2 \left| \sin \frac{2\pi h_1 h_0}{\lambda d_1} \right| = 2S_1$$

$$\left| e^{j\theta_r''} + \dot{R} e^{-j\theta_r''} \right| \doteq 2 \left| \sin \frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2} \right| = 2S_u$$

となります。位相合成率 $2S, 2S_1, 2S_2$ は、 d, d_1, d_2 の変化により振動しますが、 d_1, d_2 が十分大きくなれば 図 4 のように d, d_1, d_2 に比例して減衰します。

たとえば、反射面と受信点間の大地反射による位相合成率 $2S_u$ は、

$$\frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2} < \frac{\pi}{6}$$

の領域において

$$2S_u \doteq 2 \cdot \frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2}$$

で近似されます。

ここで、

$$d_{2c}' = \frac{12h_0 h_2}{\lambda}$$

とおくと、

$$2S_u = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{d_{2c}'}{d_2}$$

となり、 $2S_u$ は d_{2c}' より遠方では d_2 に反比例することになります。

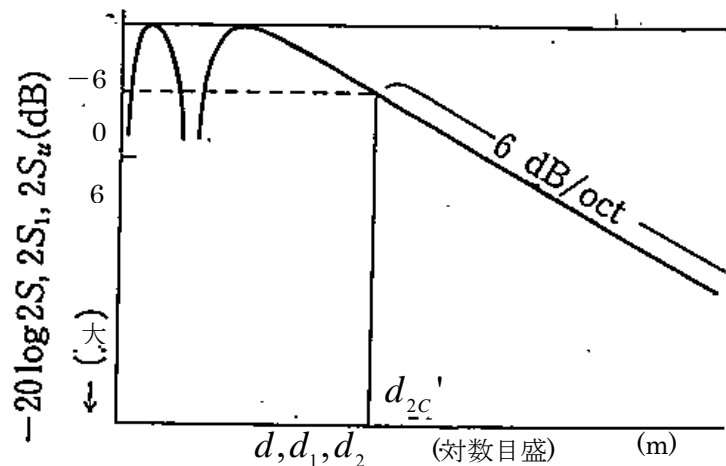


図 4 反射波の大地反射波による位相損失