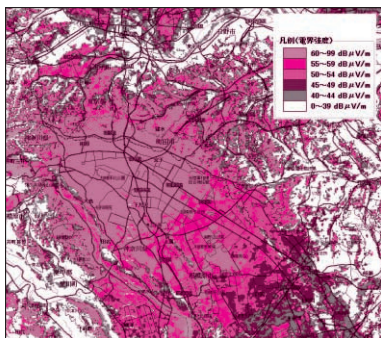


特集



第2章 地形や建物による影響, 市街地の伝搬, 屋内の伝搬

遮蔽物の影響

長谷 良裕
Yoshihiro Hase

この章では、前章で述べた移動通信での伝搬のうち、長区間および短区間変動の原因となる地形や建物による遮蔽および反射の影響をもう少し詳しく見ていきます。また、屋内やマイクロセルなどの狭い範囲での伝搬にも言及します。

地形による影響

前章で述べた長区間変動の奥村カーブや秦式は、基本的に地形がほぼ平坦なモデル環境での受信レベルを推定する方法です。しかし、地形が平坦でない場合には電波は遮蔽されますから、受信レベルはもっと下がることになります。したがって、長区間変動による受信レベルの推定は、実際は、秦式による伝搬損失+地形での遮蔽による伝搬損失の合計を基に計算されます。ここでは地形での遮蔽効果を解説します。

■ フレネル・ゾーンとナイフ・エッジ回折

● 楕円の性質

送信点と受信点を二つの焦点とした楕円を図1のように描きます。楕円の簡単な描き方は中学か高校で習ったかと思いますが、二つの焦点を糸で結び、エンピツの芯を糸に引っ掛けて糸をピンと張った状態に保ったままでグルリと一周させれば描けます。つまり、楕円の周上の点は、二つの焦点への距離の和が常に同じです。

● 第1フレネル・ゾーン

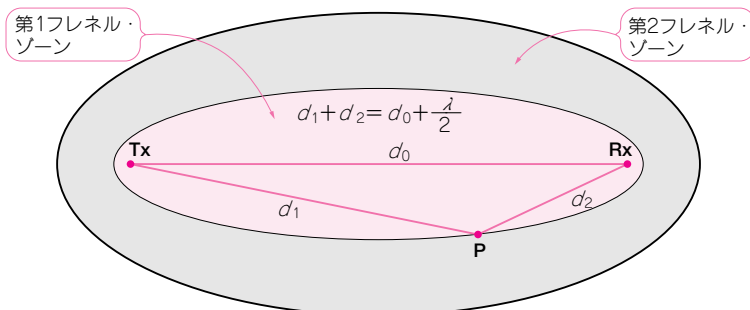
この距離の和が二つの焦点間の最短の距離よりも半波長だけ長いような楕円(図は平面上なので楕円だが、実空間では二つの焦点を通る直線を軸とする回転楕円体)の内側の範囲を「第1フレネル・ゾーン」といいます。したがって、第1フレネル・ゾーンというのは、送受間を直線で結んだ最短経路からの伝搬パスの差が半波長以内に収まるような曲った伝搬パスが存在する範囲といえます。ちなみに「第 n フレネル・ゾーン」というのは、差が半波長の $n-1$ 倍以上でかつ n 倍以内の範囲のことをいいます。

伝搬路の途中にある遮蔽物が、その第1フレネル・ゾーンをどの程度隠してしまうかで、遮蔽による伝搬損失がほぼ決まります。これは、言い換えれば、電波は細い線上の狭い範囲を伝搬するのではなく、半波長程度の距離差のある程度の空間的広がりの中を使って、ぼやっと伝搬しているということを意味します。

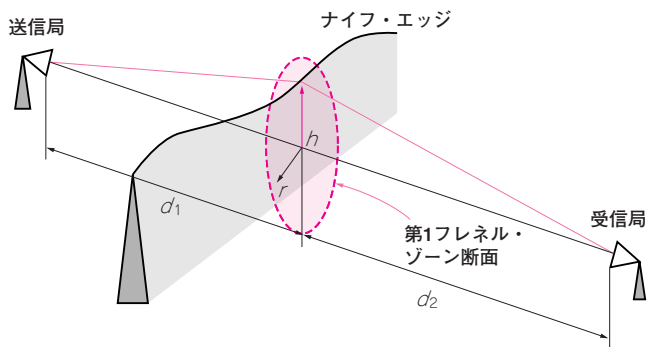
第1フレネル・ゾーンの範囲全部がちゃんと見通しでないと、電波伝搬上は見通し回線ではないのです。これは音でも光でも波の共通の性質です。ちなみに、伝搬路の「見通し」と「非見通し」という言葉ですが、専門家の間では、英語の頭文字をとって“LOS”(Line Of Sight)および“NLOS”(Non Line Of Sight)という用語がしばしば使われます。

● 遮蔽物のある伝搬路

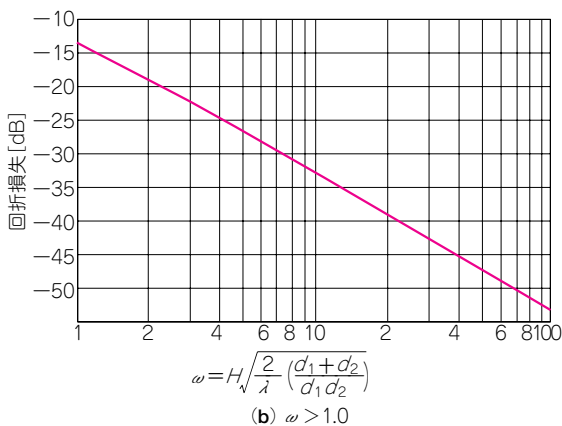
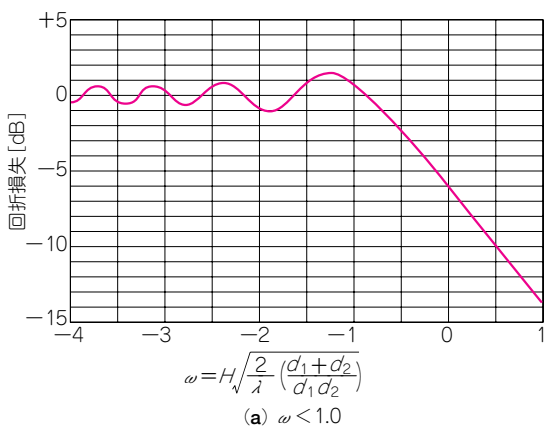
図2に遮蔽物のある伝搬路の模式図を示します。送



〈図1〉楕円と第1フレネル・ゾーン



〈図2〉
遮蔽物のある伝搬路の模式図



〈図3〉⁽¹⁾ ナイフ・エッジ回折損失

信点および受信点から遮蔽物までの距離をそれぞれ d_1 m, d_2 m とすると、遮蔽物の位置での第1フレネル・ゾーンの半径(回転楕円体を回転軸に直角に切ったときにできる断面の円の半径) r m は、

$$r = \sqrt{\lambda \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \dots\dots\dots (1)$$

で表されます。送受間を結んだ直線から遮蔽物が高さ H m だけ飛び出しているとき、 H と r の比 ω を、

$$\omega = \frac{H}{r} \dots\dots\dots (2)$$

と定義すると、 ω と遮蔽物による伝搬損失(これを「回折損失」と呼ぶ)との関係ですが、式は難しいので省きますが、遮蔽物の角が導電性の鋭いエッジの場合にはちゃんと計算できて「ナイフ・エッジ回折」と呼ばれます。結果は図3のようになります。ここで、 ω は「クリアランス係数」などと呼ばれます。

■ 回折損失

● 周波数が低い電波ほど、回折効果により遮蔽物の裏側に届きやすい

図3を見ていただければわかるように ω がマイナスの領域、つまり送受間を結んだ直線よりも遮蔽物の高さが低く、光では見通している場合でも回折損失はあ

り、見通しと遮蔽のちょうど境の位置(第1フレネル・ゾーンの半分が隠れる)では6 dBの損失があります。また、 ω が1以上の領域、つまり第1フレネル・ゾーンを全部隠してしまってもまだ損失は無限にはなりません。

第1フレネル・ゾーンの半径は式(1)のように波長が長くなるほど大きくなるので、波長が長い、または周波数が低い電波ほど、完全に遮蔽するには大きな遮蔽物が必要になり、遮蔽することが難しくなります。これは別の側面から見ると、周波数の低い電波ほど、波の回折効果により少々遮蔽があってもその裏側に(弱くはなるが)波は届きやすいことになります。

図3に示す遮蔽による損失は、回折効果の大きさを表す指標ともいえるので、一般には「回折損失」と呼ばれます。

ここまでに述べたような回折損失は、山岳地形による遮蔽や建物の角による遮蔽の場合はよく当てはまります。地形でもなだらかな丘陵や小さなピークが連続する場合等、さまざまなケースがあり、それぞれに適した回折損失を計算するモデルが提案されていますが、専門的になりすぎるので、ここでは言及しません。

● 伝搬損失の計算手順

遮蔽物が1か所であれば、送信点と遮蔽点間および