

第3章 送信電力やアンテナについて 知っておこう

通信距離を伸ばすには どうすればよいか

広畑 敦
Atsushi Hirohata

ケーブルの制約が無いのならできるだけ遠くの相手と通信したい、と誰でも思います。

できるだけ遠距離の相手と通信するにはどうすればよいのでしょうか。本章では、通信距離に影響する送信電力やアンテナの設計法について解説します。
〈編集部〉

市販されている無線機器の通信距離

無線機器においてまず聞かれるのは「どのくらいの距離まで通信できますか」という質問です。

この質問に対する回答は、無線のことを知れば知るほど難しくなります。

● 無線機器の仕様には通信距離が記載されている

無線を使用したシステムを設計するに当たっては、通信距離は最も重要な項目の一つです。答えにくいので答えない、というわけにもいきません。

いくつか無線機器の仕様を調べてみると、例えば表1のような通信距離が記述されています。

表1 無線機器の通信距離の例
カタログなどに記載されている値の例

無線機器	条件	通信距離
400 MHz 帯特定小電力機器 (10 mW)	見通しの 良いところ	2 ~ 3 km
	市街地	100 ~ 200 m
2.4 GHz 帯 Bluetooth	class1 (100 mW)	100 m
	class2 (2.5 mW)	10 m
	class3 (1 mW)	1 m
2.4 GHz 帯スペクトラム拡散 無線モデム	屋外 (見通し)	250 m
	屋内	50 m
300 MHz 帯微弱無線機		5 ~ 10 m 程度
FM ワイヤレス・マイク		10 ~ 15 m

使用する周波数や送信出力、アンテナで通信距離が変わるのは想像の範囲だと思います。それだけではなく、数値の根拠となる条件もまちまちであることがなんとなく分かるのではないのでしょうか。

通信距離に影響するもの

● 電波は伝わるうちに減衰していく

無線通信の経路は図1のようにモデル化されます。通信可能な距離に関係するのは、周波数、送信電力、伝送損失、送受アンテナのゲイン、アンテナ周囲の条件、伝搬路の状況、受信感度、受信側での周囲雑音など、いろいろな要素があります。

● 距離に大きく影響する要素

これらの要素のうち、図1中に赤色で示した①~④までの四つの要素は大きく変動します。

● アンテナ周囲の環境(①, ④)

雨、雪などの付着も含み、周囲に金属がある、人間がいるといった条件のことです。

アンテナの効率、ゲイン、指向性、整合特性が変化し、結果として大きな影響が出てきます。

● 伝搬路を取り囲む(②)

障害物の有無、反射の有無、吸収の有無、雨、雪などです。

● 周囲の雑音や妨害波(③)

受信感度の低下となって現れます。

● 実使用時の通信可能距離は計算では出せない

システムとして考えるとき、上記のもの以外は条件を決められるために影響を計算できます。

ところが、上記の条件はどれも一定せず、それでいて損失に与える影響がとて大きいのです。

実使用のほとんどの場合について、通信可能な距離を正確に計算することはできません。

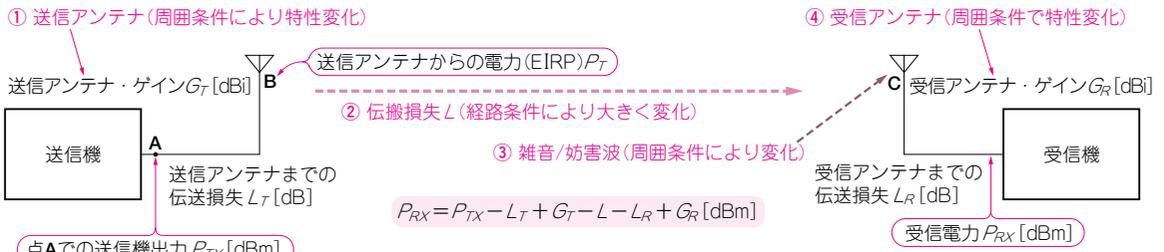


図1 無線通信の経路のモデル

送信アンテナ、伝搬損失、受信アンテナ、雑音/妨害波という四つの要素が周囲条件で変わる。トータルの損失がどのくらい分からないので、通信距離もはっきりさせにくい

理想的な伝搬損失と実際の想定損失は大きな差がある

自由空間での電波の伝搬損失 L [dB] は下記の式で計算できます。

$$L = 10 \log \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

$\lambda = 300/f$
 ただし、 λ : 波長 [m], d : 距離 [m], f : 周波数 [MHz]

実際には大地からの反射波との合成になり、そのほか様々な伝搬損失の要因があるので、こんなに単純には計算できません。ただ、この計算値を概略値としてみることや、傾向として捉えることはできます。

● 受信電力の計算例

送信機の出力は、三つの方法で規定されます。
 図1の点Aでの送信機出力電力とアンテナのゲインを規定する場合、点Bでの輻射電力 EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power ; 等価等方輻射電力) を規定する場合、アンテナから一定距離をおいた点での電界強度を規定する場合です。

前者二つの場合は、式(1)で伝搬損失 L を求め、図中の P_{RX} を求める計算により受信電力を求めることができます(ただし自由空間)。電界強度の場合は後述します。

例えば、記載値の例に挙げた2.4 GHz帯 Bluetoothの class2 (2.5 mW) を考えてみます。距離10 mということなので、自由空間での伝搬損失は

$$L = 10 \log \{ (4 \pi \times 10 / 0.125)^2 \}$$

$$= 10 \log (1.01 \times 10^9) \approx 50.04 \text{ dB}$$

と約50 dBとなります。

図1で伝送損失0 dB、送受信のアンテナのゲイン0 dBiとして具体的な値で受信電力 P_{RX} を計算してみると、送信電力2.5 mWは+4 dBmなので、

$$P_{RX} = P_{TX} - L_T + G_T - L - L_R + G_R$$

$$= +4 \text{ dBm} - 0 + 0 - 50 - 0 + 0$$

$$= -46 \text{ dBm}$$

となります。

● 大きな伝送損失を想定しておく

この-46 dBmという信号レベルは、実際のBluetooth機器の受信感度よりも数十dBほど大きなレベルです。あまりにも良すぎる値です。

このことから、Bluetooth class2の通信距離10 mという記述は、

- 小さな筐体に入れられた低効率のアンテナ
- 指向性が悪い方向で通信する可能性
- 室内の障害物による悪影響
- 反射などによる悪影響

などで信号レベルが数十dB小さくなったとしても大丈夫なように余裕をみていることが分かります。

逆に言えば、それだけアンテナのゲイン、指向性、伝搬損失などに通信距離が影響されるのです。

● 受信感度の考え方

「受信電力 ≧ 受信感度 ≧ 雑音」が最良の状態です。どれだけ比が取れるかで受信品質が決まります。S/Nやビット・エラー・レート (BER) などで最低受信品質を決め、最低必要な受信電力が受信感度となります。

通信距離を伸ばすために

通信距離を伸ばすには、図1の伝送経路中で損失、感度に影響するものの条件を良くします。

● 規定の範囲内で送信出力や送信アンテナのゲインを高くする

他の条件が同じで送信出力がより大きくなるならば、より遠くまで届くのは間違いありません。アンテナのゲインも同様です。

規定の範囲が具体的に何を示すかは、無線機の種別によって異なります。微弱無線であれば電界強度だけですが、小電力無線の場合はいろいろで、後述するアンテナの指向性も含めて規定されている場合もありま