

評価基準，電波法の規制項目，変復調，性能の測定法など

2.4 GHz 帯無線 LAN の評価法

藤田 昇
Noboru Fujita

評価の必要性

電子機器を設計・製造したときは、必ず評価が必要です。アマチュアが製作したものには独立した評価という作業がないかもしれませんが、意識するしないにかかわらず、使いながら評価しているはずで

す。評価には、合法性の確認と設計・製造の妥当性の確認の二つの目的があります。合法性の確認とは法律等を順守できているかどうかですが、広い意味でいうと標準規格や自主規制の順守も含めてよいと思います。また、設計・製造の妥当性の確認とは、ユーザが満足する性能を得られているかの確認といってもよいでしょう。

さて、無線 LAN のような電波を使う装置の場合は、まずは電波法の順守が最重要です。電波法に違反している装置を販売すると、他の無線システムを妨害して社会に損失を与えてしまうおそれがあります。また、ユーザの電波法違反(ユーザへの罰則がある)を補助してしまいます。

ここでは第2世代 2.4 GHz 帯無線 LAN (2400 ~ 2483.5 MHz) を例にとり、電波の測定および機能の評価方法について詳解します。

評価基準の入手

■ 電波法および諸規則

無線 LAN は、電波法および諸規則で規定されています。2.4 GHz 帯無線 LAN の詳細は、無線設備規則第四十九条の20で規定されています。電波法令集を購入する方法もありますが、下記に記した総務省のウェブ・サイトで無料公開していますので、それを参照した方がページ検索が使えて便利です。

http://www.soumu.go.jp/menu_04/s_hourei/joho.html#02

■ ARIB 標準規格

標準規格 ARIB STD-T66 には、電波法で規定されている事項とその解説、電気通信回線に接続する場合の規定、自主規制などが記載されています。基本的には、電波法設備規則で規定される項目(強制規格という)を守ればよいのですが、電波法の記述だけではわかりにくい場合があるので、標準規格を読んだ方がよいと思います。また、周波数共用を図るためには ARIB 標準規格の自主規制を守っていただきたいと思

います。ARIB 標準規格はウェブ・サイトで購入できるほか、2008年4月からは順次ウェブ・サイトで無料公開されています。

<http://www.arib.or.jp/kikakugaiyou/index.html>

■ 試験方法

無線 LAN は「技術基準適合証明」(技適)または「工事設計認証」(認証)を取得する必要があります。

前者は指定証明機関に実機を持ち込んで試験(抜き取り試験)を受ける方式、後者は認証されたメーカ自らが試験することによって技術基準の適合していることを確認する方式です。いずれにしても、定められた試験手順によって試験することになります。試験方法は総務省が定めており、TELEC(テレコム・エンジニアリング・センター)が冊子にまとめてウェブ・サイトで販売しています。

<http://www.telec.or.jp/book/index.html>

電波法規制項目の評価

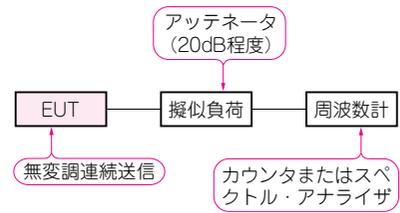
■ 周波数の測定

● 周波数偏差の規格

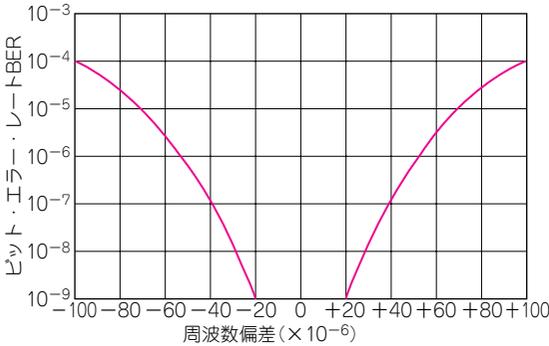
2.4 GHz 帯無線 LAN の送信周波数は、使用周波数帯と周波数偏差によって表1のように規定されています。例えば2400 ~ 2483.5 MHz と規定されている場合は、その幅のなかであればユーザが任意の送信周波数

〈表1〉 2.4 GHz帯無線LANの周波数規格

項目	第1世代	第2世代
名称	小電力データ通信システムの無線局	
制定	1992年12月	1999年10月
ARIB標準規格	RCR STD-33	ARIB STD-T66
周波数帯	2471 ~ 2497 MHz	2400 ~ 2483.5 MHz
周波数許容偏差	± 50 × 10 ⁻⁶ 以下	



〈図2〉 周波数偏差の測定系統図



〈図1〉 周波数偏差とBER特性 (IEEE802.11b規格, CCK, 11 Mbps)

を選べるということです。市販の無線LANはIEEE802.11で定められた周波数チャンネルを採用しているため、使用できる周波数が決まっていますが、電波法上は独自のチャンネル周波数を使用することも可能です。

チャンネル周波数(送信波は広がりをもっているのだから中心周波数の意味)に対して偏差が規定されています。具体的には± 50 × 10⁻⁶以下になっています。

● 必要な周波数偏差

ある誤り率以下で通信するためには、送受信周波数の差をある数値以下にしなければなりません。変調速度が高いほど、変調方式が複雑になるほど、送受信周波数差を小さくすることが求められます。

そのため、送信周波数の偏差が電波法の許容周波数偏差内だからといって、通信システムとして成り立つとは限りません。なお、電波法では受信周波数の偏差を規定していませんが、実際の通信における周波数偏差は両者の和になります。したがって、送受信周波数ともに偏差を小さくする必要があります。

無線LANは送受信周波数が同一で、それらの周波数は一つの基準発振器を元にシンセサイザで生成するので、送信周波数偏差を規定すれば自動的に受信周波数偏差も規定されます。

▶ 実測値

図1はIEEE802.11b規格(CCK, 11 Mbps)の無線LANの送受信周波数偏差を変えながら、BERを測定した結果をプロットしたものです。なお、無線LANのBERを直接測定するのは困難なので、PER(Packet

Error Rate)から換算しました。

図を見れば、周波数差が大きくなるとBERが劣化することがわかります。無線LANの所要BERを10⁻⁵以下とすれば、許容周波数偏差は± 70 × 10⁻⁶以下となります。送信・受信周波数に相関がなく、互いに無関係に変動するとすれば、それぞれの周波数偏差は± 35 × 10⁻⁶以下にしなければなりません。つまり、電波法の許容偏差± 50 × 10⁻⁶以下を守っていても、無線LANとして正常に動作するとは限らないのです。

▶ 周波数偏差のマージン

さて、BERを劣化させる要因は周波数偏差だけではないので、周波数偏差にはマージンが必要です。一般的にはBERが± 10⁻⁹以下になる程度の周波数偏差とします。例えば、BERが± 10⁻⁹以下を目標とすれば、送受信周波数偏差はそれぞれ± 10 × 10⁻⁶以下になります。

▶ 現実的な精度

変調速度が高くなると、より小さな周波数偏差を要求されます。送受信周波数の偏差は、水晶発振器(水晶単体)や水晶発振器(発振回路込み)の精度で決まります。無線機の動作温度範囲内で必要な精度を保たなければなりません。ちなみに、市販の水晶発振器の精度は高精度と称するものでも± 5 ~ 10 × 10⁻⁶程度です。価格や大きさ、消費電力に制限がなければ、より高い精度を得られますが、無線LANの位置づけからは前述の± 5 ~ 10 × 10⁻⁶程度が妥当な精度といえます。

● 測定系統

送信周波数の測定系統を図2に示します。EUT (Equipment Under Test, 被測定装置)は、無変調波(拡散もなし)の連続出力に設定しておきます。



〈写真1〉 周波数カウンタの例