

取扱説明書

IT-24

2.4 GHz ISM 帯
多機能テスター

RigExpert[®]

日本語版作成:リグエキスパート ジャパン
第1版 2013.04.15

目次

1. 概要	4
2. 仕様	5
3. 使い方	6
3. 1. 使用前の準備	6
3. 2. 電源の ON-OFF	6
3. 3. メインメニュー	7
3. 4. 設定メニュー	8
4. 測定モード	9
4. 1. リターンロスと SWR	9
4. 1. 1. 単一周波数による測定	9
4. 1. 2. SWR グラフ	10
4. 1. 3. テスターの較正	11
4. 2. 送信出力の測定	12
4. 3. スペクトラム アナライザー	12
4. 3. 1. ピーク値と平均値	13
4. 3. 2. 密度グラフ	13
4. 3. 3. ウォータフォール	14
5. コンピュータとの接続	15
5. 1. 画面の印刷	15
5. 2. ファームウェアの更新	15
6. 使用例	16
6. 1. アンテナの SWR 測定	16
6. 2. RF ケーブルのテスト	18
6. 3. 送信出力の測定	19
6. 4. スペクトラム アナライザーの例	20
6. 4. 1. Wi-Fi 方式	20
6. 4. 2. WiMAX 方式	24
6. 4. 3. Bluetooth 方式	25
6. 4. 4. 独自データ伝送方式	26

1. 概要

リグエキスパート IT-24 は多機能だが掌大のポータブル機です。2.4GHz 帯 (2.3 ~ 2.6GHz) のアンテナと給電線の検査・調整・修理・保守点検に使えます。

IT-24 を使えば、次の業務は簡単に行えます。

- アンテナと RF ケーブルの迅速な検査
- 送信機の出力測定
- RF 環境のモニター (スペアナ・モード)

IT-24 の考えられる他の用途

- 無線データ伝送ネットワークの検査
- WiFi・WiMAX など機器の検査
- アンテナ・送信機・受信機の検査

対応方式

- WiFi
- WiMAX
- ZigBee
- 独自データ伝送方式



1. SMA コネクター
2. RP-SMA コネクター
3. LCD
4. キーパッド
5. 電源 ON-OFF ボタン
6. USB コネクター

2. 仕様

単一周波数でのリターンロスと SWR (定在波比) 測定

- 周波数範囲: 2.3 ~ 2.6 GHz
- 周波数分解能: 1 MHz
- リターンロス測定範囲: 2 dB 以上
- SWR 測定範囲: 1 ~ 10
- 出力: 約 +5 dBm
- 測定・表示誤差範囲: 赤斜線範囲 (使用周波数 2.4 ~ 2.5 GHz において)

SWR グラフ

- 4サブバンド: 2.3 ~ 2.4 GHz, 2.4 ~ 2.5 GHz, 2.5 ~ 2.6 GHz, 2.3 ~ 2.6 GHz
- SWR 表示範囲: 1 ~ 5

送信機出力測定

- 周波数範囲: 2.3 ~ 2.6 GHz
- 出力範囲: -20 ~ +25 dBm (0.01 ~ 300 mW)
- パワーメータ入力 SWR : 1.5 以下
- 測定誤差: ± 2 dBm 以内

スペクトラム アナライザー

- 表示モードの種類: ピークと平均値, 密度グラフ, ウォータフォール
- 周波数範囲: 2.3 ~ 2.6 GHz
- サブバンド帯域: 100 MHz (5 overlapping sub-bands), 20 MHz (30 overlapping sub-bands), 10 MHz (60 overlapping sub-bands)
- 入力信号レベル: 約 -100 ~ -20 dBm
- 信号レベルマーク: 10 dB/div
- 受信プリアンプ: -10 dB, 0 dB, +6 dB

RF コネクター

- RP-SMA : SWR およびスペクトラムモード
- SMA : 電力測定

インターフェース

- カラー TFT LCD, 320x240 ピクセル
- 防滴 9 キーパッド
- 日本語メニューとヘルプ
- コンピュータとの USB 接続

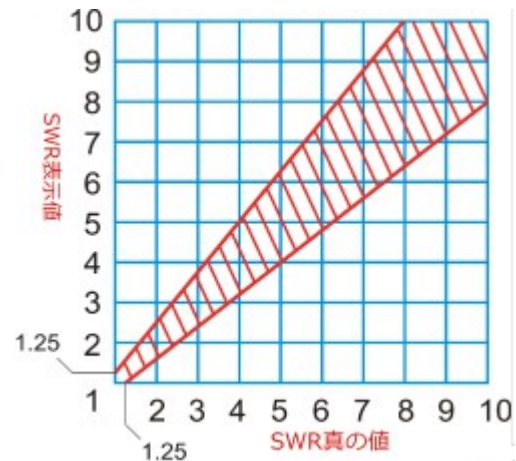
電源

- 単4ニッケル水素 (NiMH) 又はアルカリ電池 (充電器と充電電池は付属されていません。また、充電電池を本体に入れた状態で充電できません。)
- コンピュータの USB 端子

大きさ: 170 x 80 x 30 mm

使用環境温度: 0 ~ 40 °C

質量 (含む電池): 350 g



3. 使い方

3.1. 使用前の準備

IT-24 裏蓋の下側のロックをスライドさせ蓋を開けて、十分に充電された 1.2V のニッケル水素（以下 Ni-MH）電池か 1.5V のアルカリ電池 4 本を極性に注意して入れてください。

禁止事項：


- 新しい電池と古い電池を交ぜて使わない
- Ni-MH とアルカリ電池を交ぜて使わない
- 電池を熱したり分解しない
- 電池をショートさせない
- アルカリ電池を充電しない

Ni-MH 電池は専用あるいは推奨充電器で充電してください。

電池の電解液の漏れにより IT-24 は故障する恐れがありますので、ご注意ください。

長時間 IT-24 を使わない場合は、電池を抜いて涼しくて乾燥した場所に保存下さい。

3.2. 電源の ON-OFF





操作面の左下のパワーボタン  で電源の ON-OFF を行います。このボタンを押すと、LCD 画面にファームウェアのバージョンと電池電圧が表示されます。

IT-24 のメニューは簡潔だが効果的な操作を可能にしております。

3.3. メインメニュー

IT-24 の電源を ON にすると、次のメインメニューが LCD に表示されます。



メインメニューには主要項目が網羅されており、 (アップ・ボタン)と (ダウン・ボタン)でメニュー項目を選択できます。 (OK・ボタン)を押して選択したメニュー項目を起動します。 (キャンセル・ボタン)を押すとメインメニューに戻ります。


電池の状態はメインメニューの右上隅(上の図で USB 接続アイコンの位置)にある電池形状をしたアイコンで表示されます。

- 電池アイコンは電池の消耗度合いを表示します。電池の使用限界に近づくとアイコンが点滅し始めます。
- USB 接続アイコンは、アナライザーを USB ケーブルで PC に接続する時、または AC アダプターに接続すると表示されます。

ヘルプ・メニュー(ボタンに対応する項目・機能リスト)は当機に組み込まれており、各測定モードのメニューには「ヘルプ」があります。次の図はメインメニューのヘルプの例です。



3.4. 設定メニュー

設定メニュー（メインメニューで  ボタンを押す）で当機の基本設定項目の変更・設定が出来ます。例えば、言語設定、ボタンを押した時の音、背景・文字色、バックライト、電池タイプなどの設定の変更ができます。

このメニューから、工場出荷状態に戻すことが出来ます。



機能チェックを素早くやるにはテストモードを選択します。テストモードを起動する前に付属ケーブルで当機の SMA と RP-SMA 端子を接続してください。下図の様な測定項目とそれ等の測定結果が表示されます。即ち、パワーメータ入力端子端における ATT 有り無し の出力電力値と SWR 値が表示されます。当該機が正常動作をしていると測定結果の各値は緑色で、何等かの異常があると赤色で表示されます。



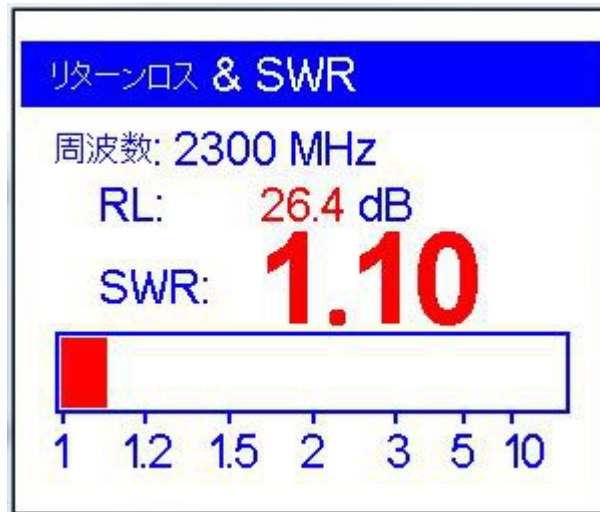
4. 測定モード





4.1. リターンロスと SWR

4.1.1. 単一周波数による測定

このモードでは、アンテナまたは測定対象の負荷を RP-SMA (SMA オス)コネクタに接続します。初めてこのモードを使う時は、事前にキャリブレーションを行ってください。

リターンロスと SWR は次の様に表示されます。







左右ボタン  または  で周波数を変えられます。測定を一時停止するには、 (OK) ボタンを押します。そのモードでは、画面の右上隅に“H” が点滅します。 (メニュー) ボタンを押すと、このモードにおけるヘルプ項目が表示されます。

4.1.2. SWR グラフ

このモードでは、アンテナを RP-SMA (SMA オス)コネクタに接続します。

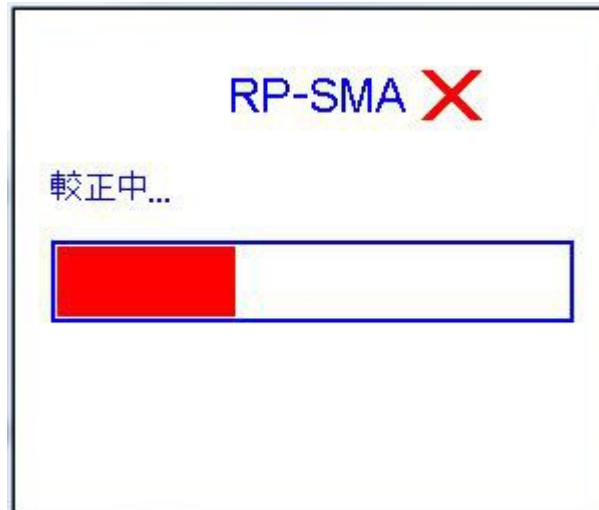


左右ボタン  または  で 4つのサブバンド内のどれか一つを選択します。画面下部の赤いバーと数字でどのバンドを選択しているか分かる様になっています。

測定を一時停止するには、 (OK) ボタンを押します。そのモードでは、画面の右上隅に“H” が点滅します。 (メニュー) ボタンを押すと、このモードにおけるヘルプ項目が表示されます。

4.1.3. テスターの較正

SWR の測定精度を確かなものにするには、メインメニューで「RL/SWR 較正」を選択しキャリブレーションを行います。RP-SMA コネクタからアンテナを外して、画面に表示される手順に従ってください。そうすれば、キャリブレーションは自動的に行われます。

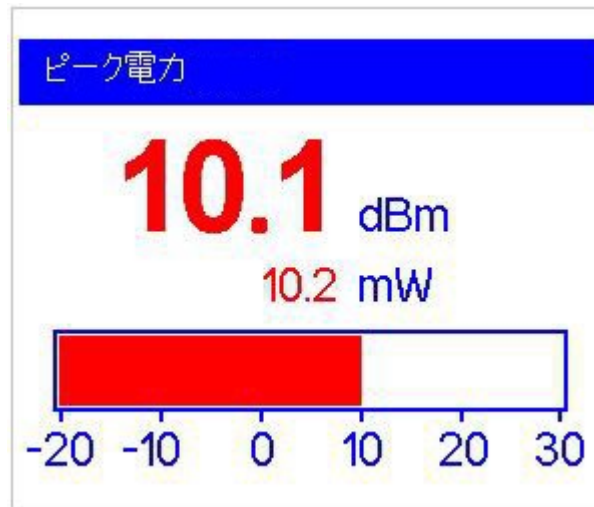


通常、当機の電源を(その日に)最初に投入した時、上のキャリブレーションを一度行うだけで十分です。しかし、例えば温度などの測定環境に大きな変化がある場合には、再度キャリブレーションすることをお勧めします。

4.2. 送信出力の測定

付属の SMA/RP-SMA ケーブルで RF 信号源を当機の SMA 端子に接続します。ケーブル末端の違いに注意して SMA(オス)と RP-SMA (メス)を間違えないようにしてください。RF パワーを1 W 以下に保つことを厳守ください。それ以上の電力を入力すると IT-24 は間違いなく壊れてしまいます。

アクセス・ポイントに設置される Wi-Fi 送信機など、数種類の送信機はパルス・モードで動作します。その様な機器においてはピーク電力、即ち1秒間隔で測定した最大電力、が画面に表示されます。



他のモードと同様に (OK) ボタンを押すと測定結果が保持され、 (メニュー)ボタンでこのモードにおけるヘルプメニューが表示されます。

4.3. スペクトラム アナライザー

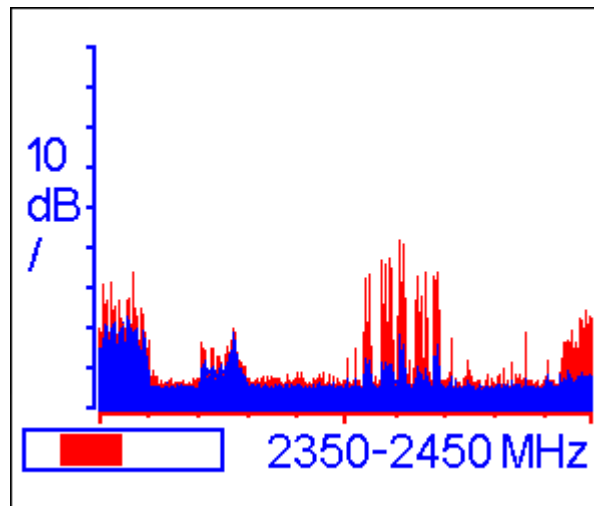
リグエキスパートの IT-24 は入力 RF のスペクトラムを次ページ以降の3モードで表示することが出来ます。各モードで (メニュー)ボタンを押して、バンド幅 (100 MHz、20 MHz、10 MHz)、プリアンプ利得 (-10 dB、0 dB、+6 dB)およびウォーターフォールの更新速度を設定できます。

スキャン幅は (広く)、 (狭く)ボタンで、また開始周波数は (低く)、 (高く)ボタンでそれぞれ簡単かつ迅速に変えられます。それぞれの設定状況は画面底部にグラフと数字で表示されます。 (OK) ボタン押すとグラフが消去され再測定モードに入ります。

RP-SMA(オス)端子にアンテナを繋ぎます。この端子に注入できる電力は1 W 未満です。ワイアレスアクセスポイントに設置する送信機の出力をこの端子に直に注入すると IT-24 は壊れますので、ご注意ください。

4.3.1. ピーク値と平均値

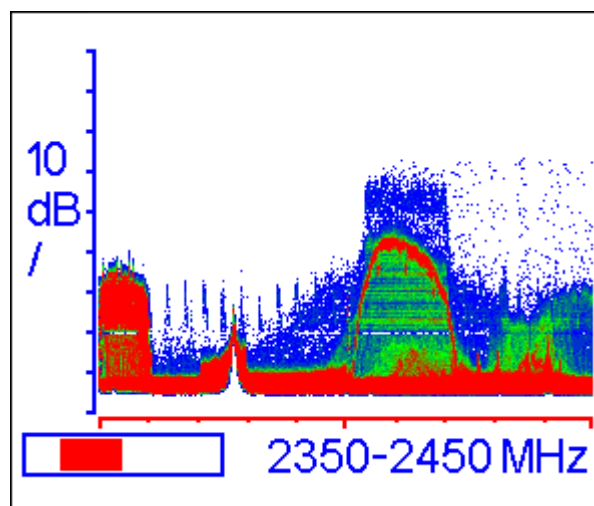
このモードではスキャン帯域内の各周波数におけるピークと平均電力を赤と青の2色で表示します。警報センサー装置などが発する短時間の妨害電波の検出に効力を発揮します。



4.3.2. 密度グラフ

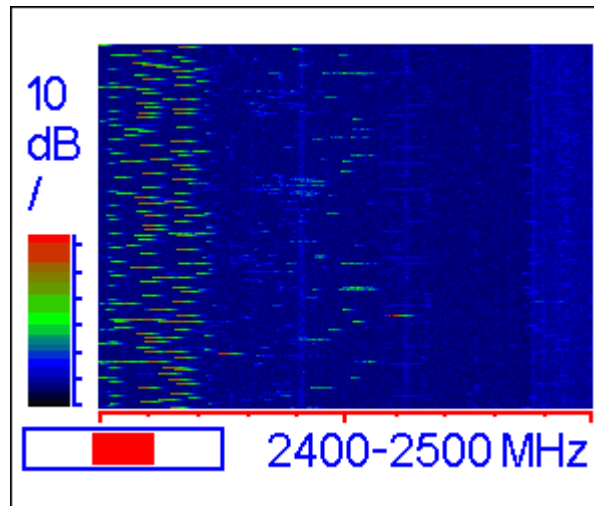
このモードではスペクトラムの発生頻度に応じて青（低頻度）から赤（高頻度）に変わります。

このモードは異なる周波数あるいは同一周波数の異なるレベルの RF 信号をモニターするのに使えます。密度グラフモードでのデータ収集は、 (OK)キーを押すまで継続されます。キーを押すと再計測が始まります。



4.3.3. ウォータフォール

このモードでは古い線分データを新しい線分データに置換えながらデータを継続的に表示します。線色はテスター入力 RF レベルに対応します。横軸は周波数で縦軸は時刻です。




長時間のデータを蓄積できるので、入力信号の小さなレベル変化をも明確に捉える事ができます。

このウォータフォール・モードは、他のモードでは観測が難しいような狭帯域・微小レベルの信号を観測するのに適しています。

5. コンピュータとの接続

RigExpert IT-24 は Windows PC と USB 接続できます。PC との通信に必要なドライバーは自動的にインストールされます。IT-24 用の最新版ソフトはこちら www.rigexpert.com からダウンロードできます。

5.1. 画面の印刷

LCD2Clip ソフトでスクリーンショット(画面)を PC に転送できます。IT-24 と PC を USB 接続して LCD2Clip ソフトを起動します。  (スクリーンショット) を押すとその時に表示されている画面の内容(画像)は PC 上の LCD2Clip クリップ画面に転送されます。

その画像は自動的にクリップボードにもコピーされますので、お使いの画像編集ソフトにペーストしたり、メール添付で送る事ができます。

5.2. ファームウェアの更新

IT-24 を最新のファームウェアに更新するには、製造元のサイト www.rigexpert.com ダウンロード頁から更新ファイルをダウンロードしてください。

FirmwareUpdate.exe をダブルクリックして起動の後、表示される説明書に従って関連のキーを操作してください。

6. 使用例

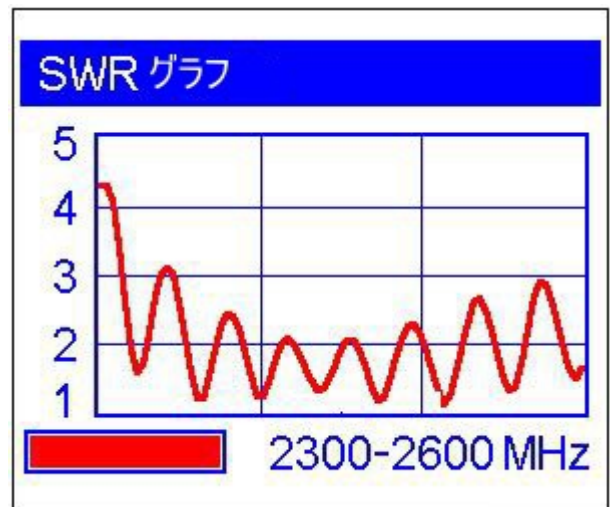
6.1. アンテナの SWR 測定

ISM 帯の周波数範囲は 2.4 ~ 2.5 GHz なので、帯域内の SWR カーブの様子を検証するにはより広い範囲 (2.3 to 2.6 GHz) でスキャンするのが良いでしょう。



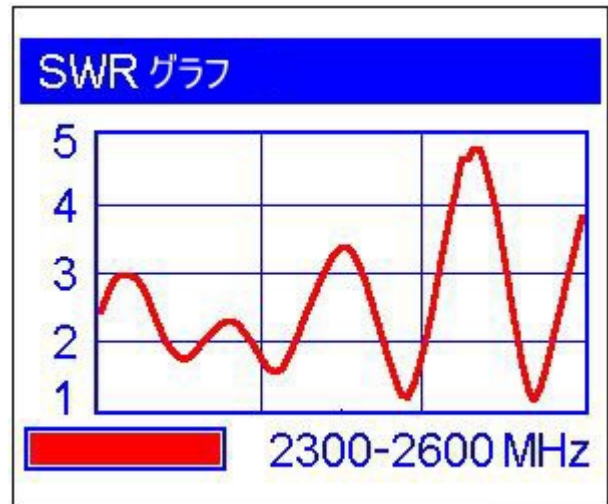
上図は WiFi アクセス・ポイントのアンテナを測定した例です。グラフから WiFi バンドの中央付近で SWR がおおよそ 1.3 の最小値である事が簡単に読み取れます。また、バンド・エッジの 2.4/2.5 GHz における SWR もおおよそ 1.5 であり、アンテナ単体の特性は良好である事が判る。

右図は指向性アンテナ(平面アレー、利得 15dBi/2.4-2.5GHz)を測定した結果です。SWR は暴れており 2 以上の高い値を示す周波数範囲が広く、アンテナと(または)ケーブルの特性が良くないようである。



右図は IT-24 に接続した 17 dBi のパラボ
ラ型反射板を備えたログペリ・アンテナの例
です。

このアンテナは作りっ放しで工場で試験評
価されていないように思える。SWR カーブは
本当に出鱈目です。



6.2. RF ケーブルのテスト

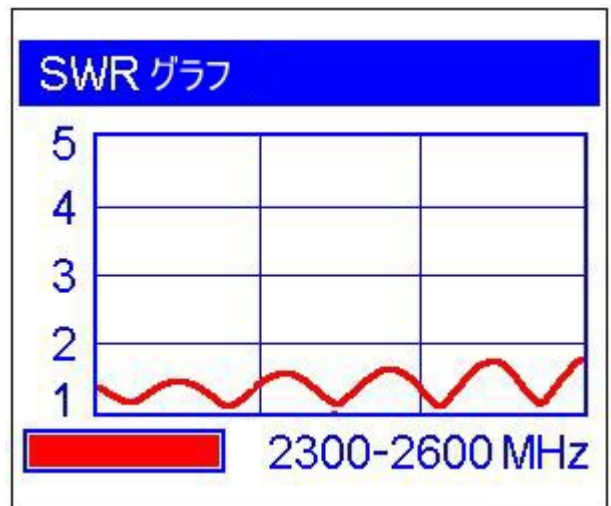
試験用のケーブルを IT-24 の RP-SMA 端子に接続します。ケーブルの反対側は 50Ω のダミー抵抗で終端します。ダミー抵抗単体の SWR は希望所定周波数で 1.2 以下でなければなりません。

1.8 メータ長のケーブル(線径: およそ 5mm) を IT-24 に接続し、2.4-2.5GHz 帯域で SWR を測ると 1.3 以下と良好であった。

通常ケーブルのインピーダンスが広帯域に渡り正確に 50Ω でないので、SWR カーブは滑らかにならず、若干波打ちます。



別のケーブルはより大きな値の SWR になりましたが、通常はこの程度の性能のアンテナ・ケーブルが 2.4GHz ISM 帯設備の結線に使われます。



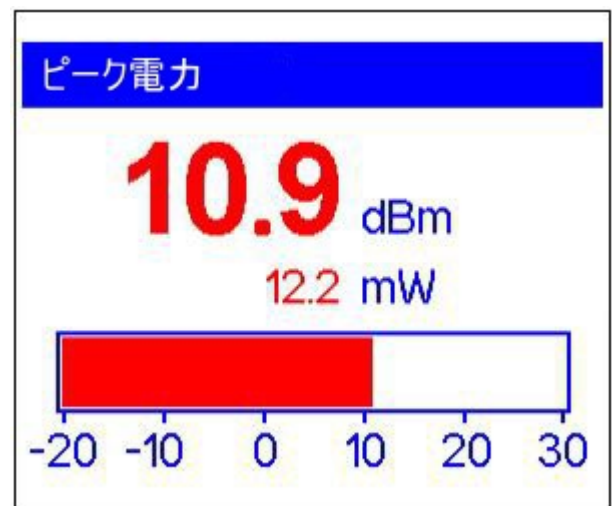
6.3. 送信出力の測定

以下は、SMA/RP-SMA 変換ケーブルで2台のアクセスポイント用 Wi-Fi 装置を IT-24 に繋いで、「ビーコン」モード即ち 100ms 周期でパケット・データを送信した時の様子です。

1台のアクセスポイントの出力電力は 15 dBm である事が分かりました。測定エラーとして ± 2 dBm、変換ケーブル・ロスとして最大 1 dB を考慮すると、実際の出力電力は 14 ~ 18 dBm になります。メーカーの検査データは 16 dBm とあるので測定結果と良く一致していると言えます。



もう1台のアクセスポイントの出力電力は IT-24 の表示画面では 10.9 dBm になりました。メーカー表示の 17 dBm から掛離れた値になりましたが、これはメーカーの仕様法による差異です。

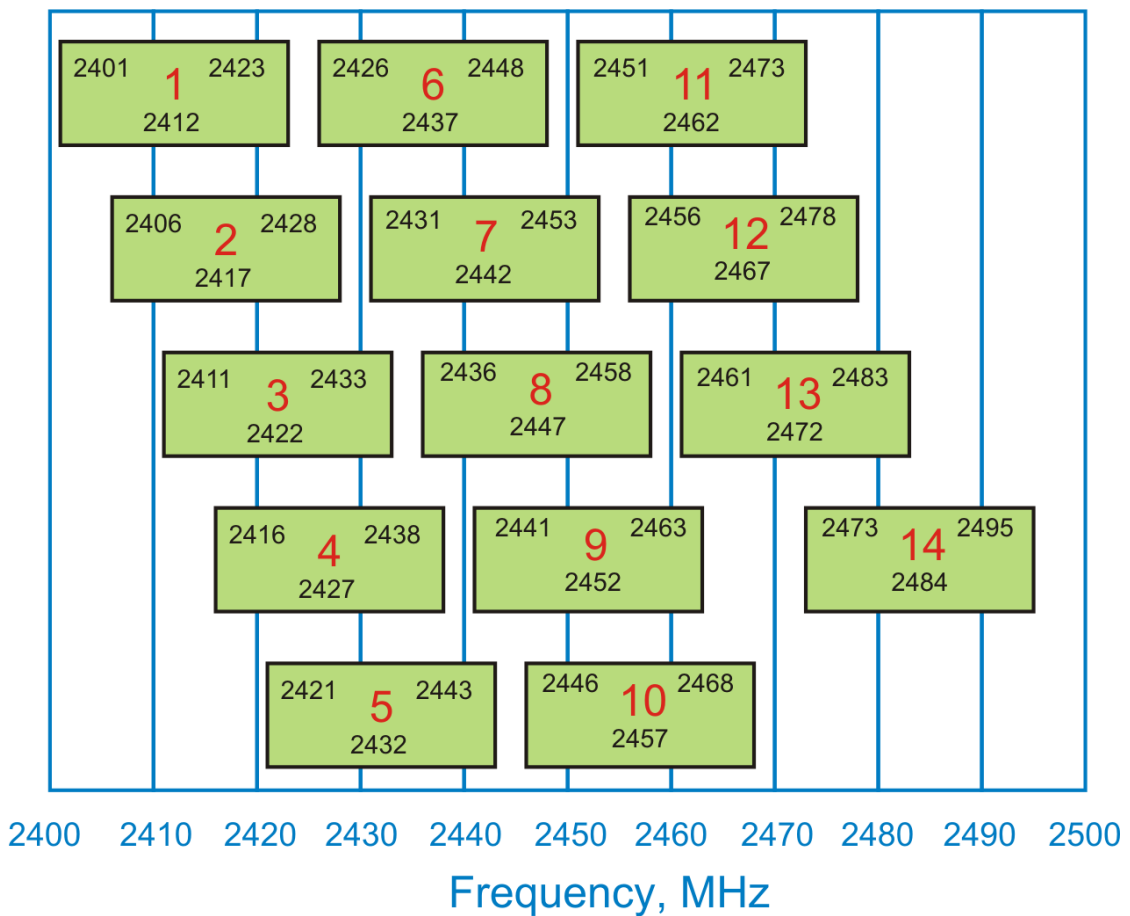


6.4. スペクトラム アナライザーの例

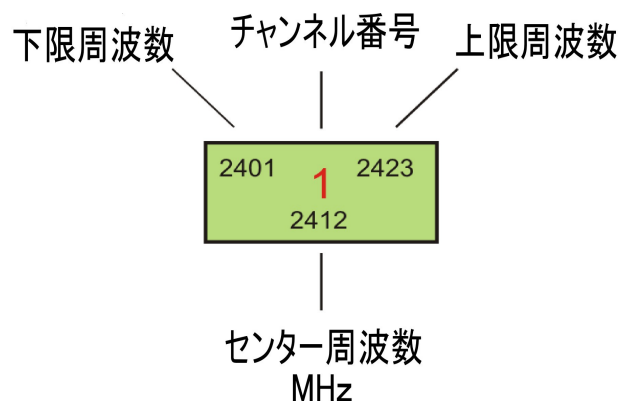
IT-24 のスペアナ機能には3モードがあります。広帯域信号および狭帯域信号を時間領域あるいは周波数領域でパワーレベルと周波数分布に着目して被測定信号のスペクトラムを解析します。

6.4.1. Wi-Fi 方式

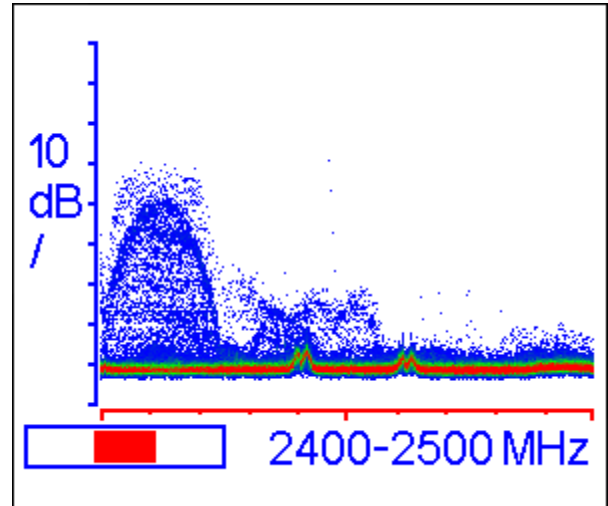
IT-24 の主な用途の一つは WiFi 信号のスペクトラム解析です。



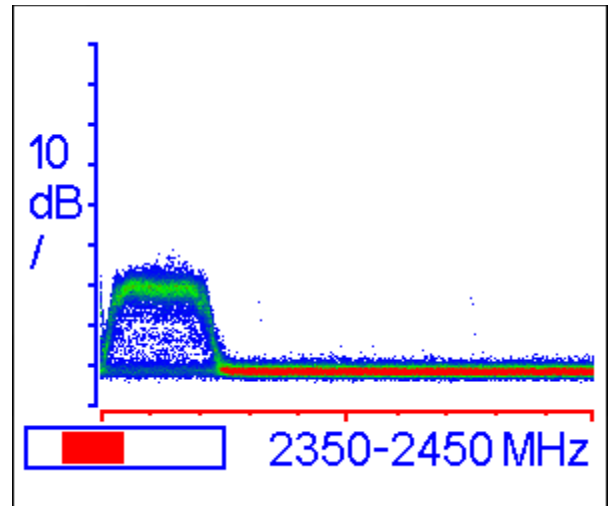
上は全ての WiFi チャンネル、即ち周波数がオーバーラップする全 14 チャンネルの概念図です。個々のチャンネルは 20MHz (実質 22MHz) の帯域です。802.11n 規格によると 40MHz 帯域の信号も利用可能です。



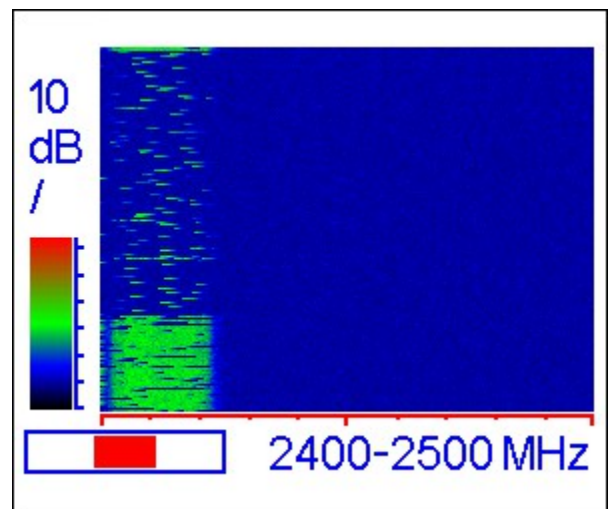
右のスクリーンショット(密度グラフ)はチャンネル1(センター周波数 2012 MHz, 周波数範囲 2401~2023 MHz)にてビーコン・モードで動作している WiFi アクセスポイントのスペクトラムを示しています。ビーコン・モードのデータ伝送速度は低く1または2 Mbit/s です。スペクトラムは釣鐘状のガウス分布になります。



データを高速で(データ伝送速度: 54 Mbit/s)送信するとスペクトラム分布の様子は右図の様に大きく変化します。その理由は 52 サブキャリアーを変調する OFDM 信号方式に由来しております。52 本のサブキャリアーの信号レベルは同一ゆえにスペクトラム・トップは相対的に平坦になります。

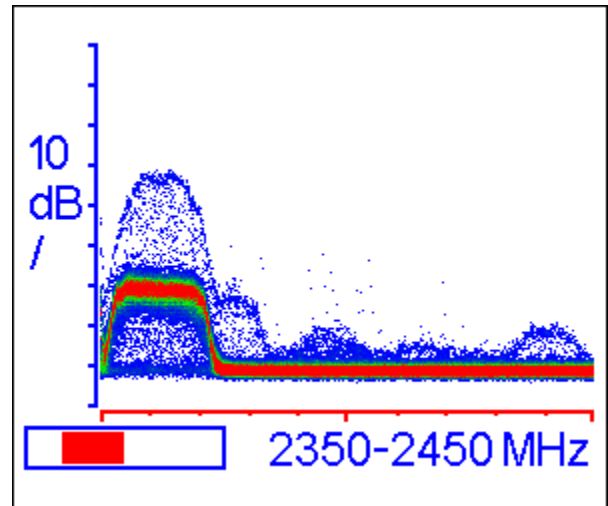


右のスクリーンショットはウォーターフォール・モードで上の2信号を時系列的に表示した図です。まばらな横線の部分(上部)はビーコン・モードで動作中のスペクトラムで、密度の高い横線部(下部)は高速データ伝送モードで動作中のスペクトラムを表しています。両モード共にチャンネル1(センター周波数 2012 MHz, 周波数範囲 2401~2023 MHz)で動作している時の図です。



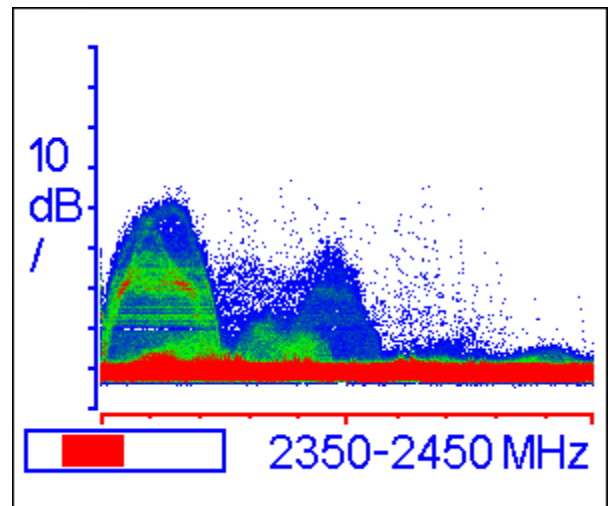
一般的にビーコンモードのデータパケットは 100ms 間隔で送信されます。パケットは 1ms 以下と非常に短時間なので、スペクトラムは選択された WiFi チャンネル内に独立したドットで表示されます。

異なる出力レベル・同一周波数で送信される信号は密度グラフで簡単に識別できます。右図の例では、WiFi チャンネル1上のピーコンモード信号と同一チャンネル上のレベルの低い信号の2種類が識別できる。更に他のチャンネルが動作中であるのも分かる。

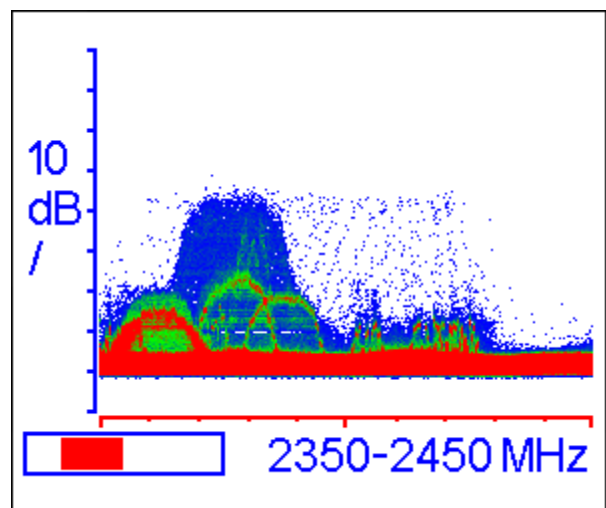
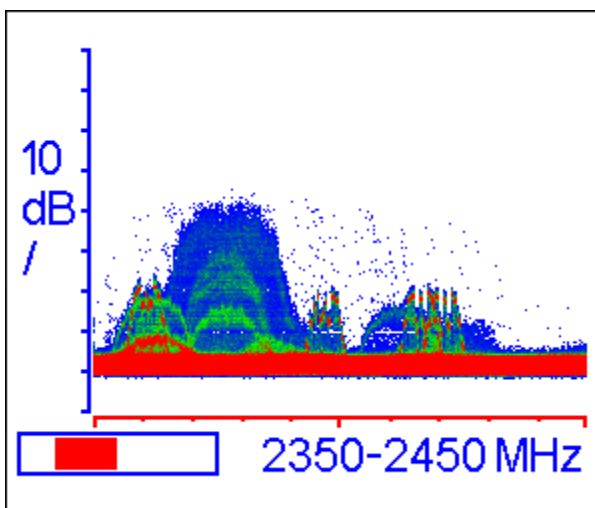


数分あるいは数時間に渡ってデータを画面に蓄積できる機能により、短周期でしか送信しない複数の送信機のスペクトラムを観測できる。この機能はあらゆる WiFi 用途で有用であり、ご自分のネットワークにもっとも空いているチャンネルを選択できます。

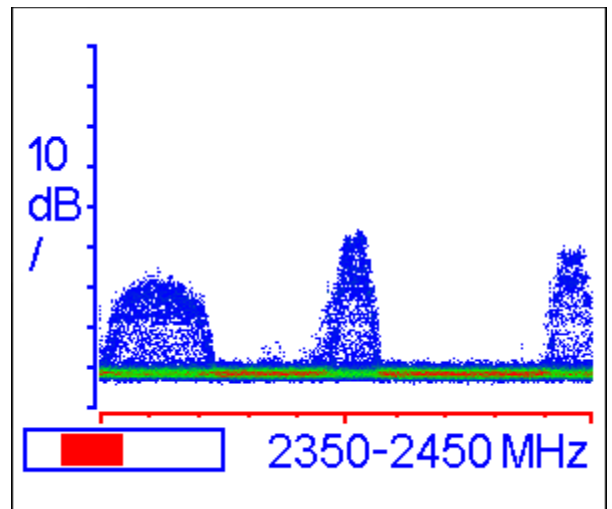
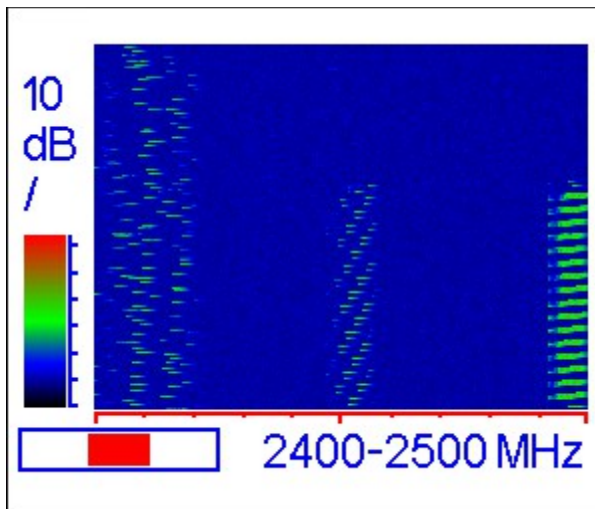
右図はデータを10分間蓄積した例です。WiFi チャンネルで 11CH 以上が混んでいないのが分かる。その辺りのチャンネルを自分用のネットワークに割り当てるのが良さそうです。



次のスクリーンショット2例は、レベルの異なる同一あるいは近接周波数の信号を表示させた図です。信号を明確に区別・識別できる事がわかる。



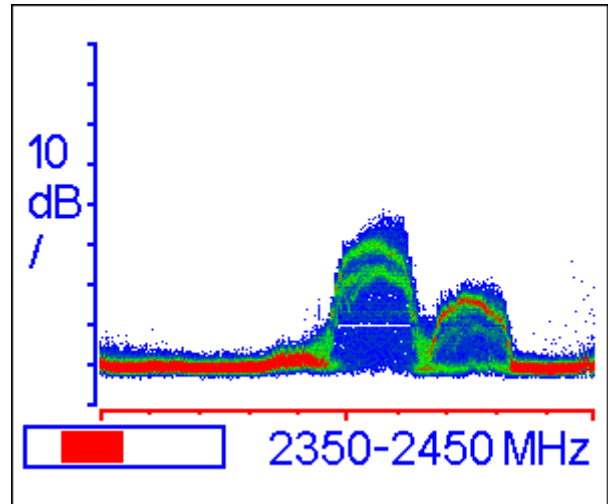
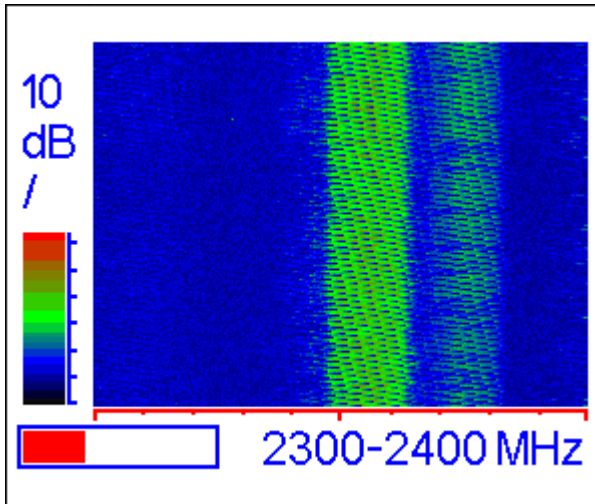
次のスクリーンショットは電子レンジの妨害をウォーターフォール・モード(左)と密度グラフ・モード(右)で観測した図です。



WiFi アクセス・ポイントは第1チャンネル(センター周波数 2412 MHz)のビーコン・モードで動作している。左のウォーターフォールで、中央と右端に信号が現れた時が電子レンジの電源がONになった時で、表示の周波数で妨害が出始めた事が分かる。右の密度グラフでは周波数の違いによる妨害信号の強さの違いが分かる。妨害が無い周波数をご自分のネットワーク用として選択する場合はチャンネル5, 6または12以上が良いのが分かる。

6.4.2. WiMAX 方式

IT-24 は WiMAX 方式送信機の出カレベルと周波数の測定にも使えます。



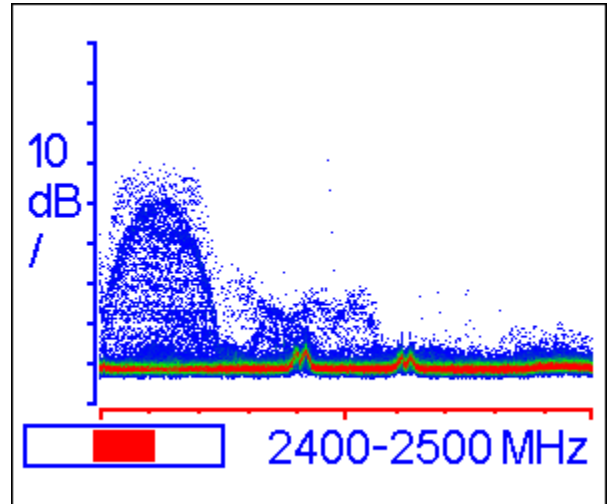
2つの WiMAX 基地局(2355 と 2375 MHz) が左のウォーターフォール図で見える。右の密度グラフ図では2局間の信号レベルの差が分かる。加えて、基地局は幾つかの異なる出力と周波数で較正されているのがわかる。

IT-24 に接続しているアンテナの位置(対 WiMAX)を変えると、受信信号が最大になる位置が見つかります。最終的にお使いの WiMAX 装置に最善の位置が見つかるでしょう。

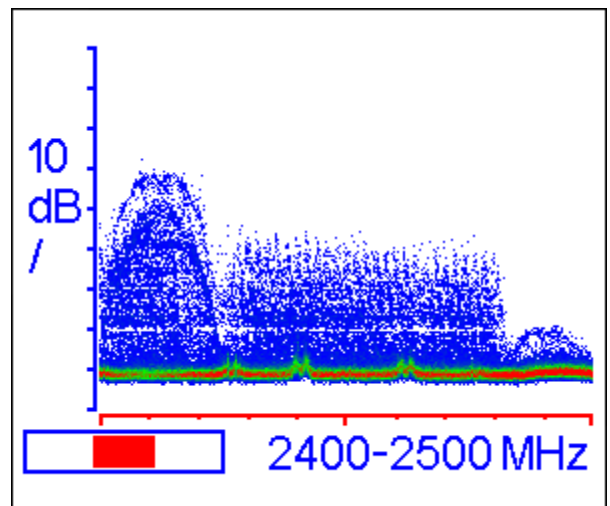
6.4.3. Bluetooth 方式

Bluetooth 信号をモニターする上で最もお役立ちのモードは密度グラフです。その理由は、Bluetooth 信号方式が周波数拡散方式を採用しているからです。

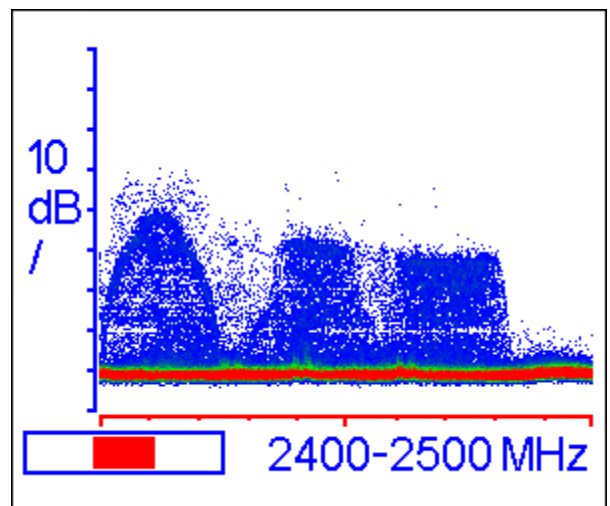
右図は Bluetooth が OFF の状態で、WiFi アクセスポイントが第1チャンネルで稼働中の様子です。他の周波数に低レベルの信号も見えている。



右図は PC が Bluetooth デバイスをサーチしている時の様子です。PC からの送信信号が、2430～2480 MHz の広範囲に渡って観測できる。

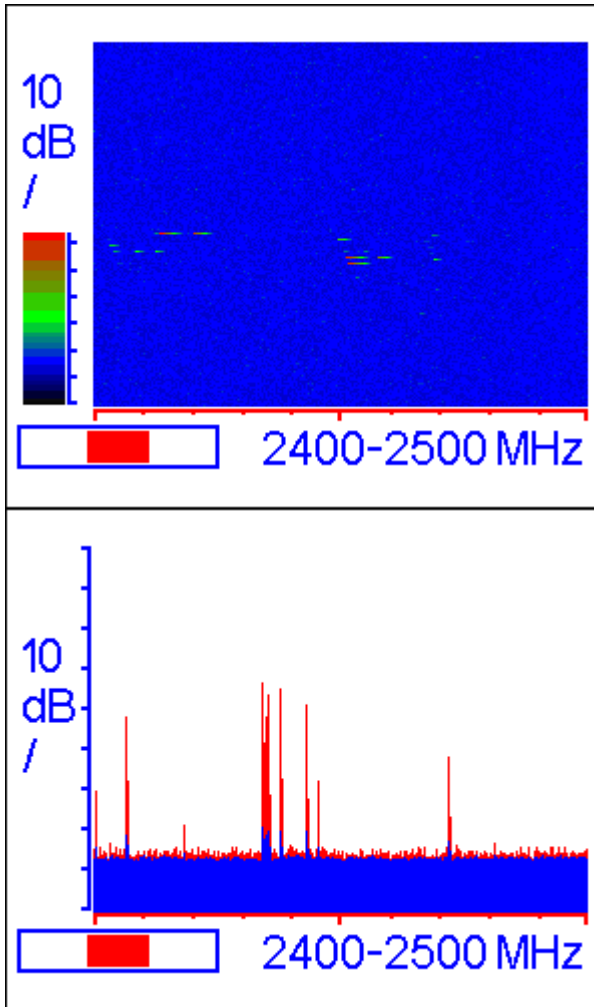


右図はデータが PC から周辺機器に送信される時の様子です。Bluetooth は適応型周波数拡散方式なので WiFi 機器が使っているチャンネルと重なる事はない。



6.4.4. 独自データ伝送方式

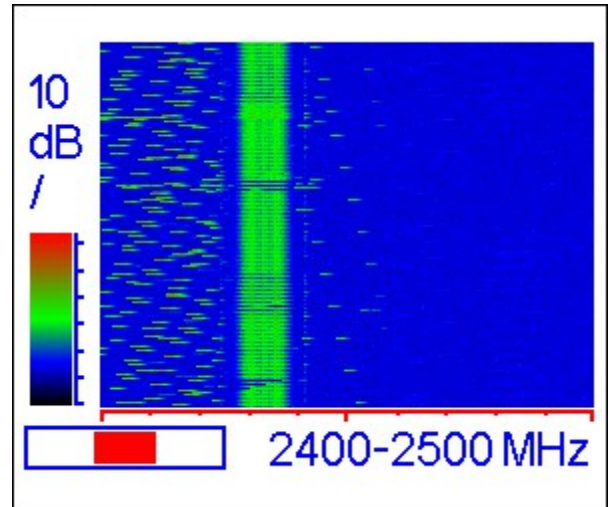
IT-24 により、予備知識の無い信号を解析するのは興味津々である。



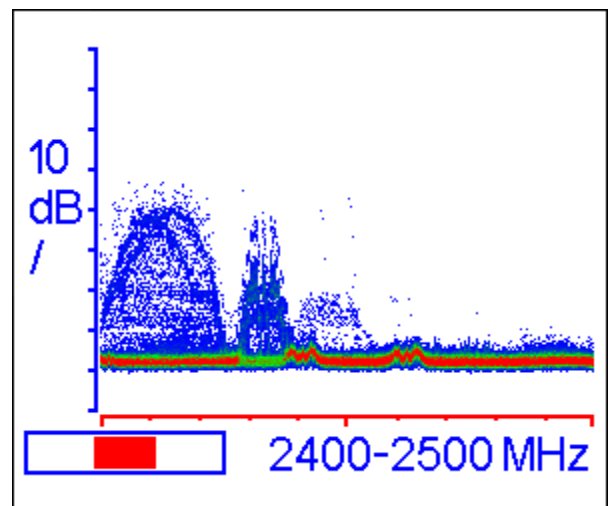
上は IT-24 を車盗難防止用の警報機、RFID 送受信機の近くに置いて、2.4 GHz 辺りで使った時の様子です。短周期の信号グループが異なる周波数に 20～30 秒の周期で出現します。上側のウォーターフォール図でその周期性が分かり、下側のピーク値と平均値グラフの図では信号の様子がより直感的に分かる。

次に RF モジュール間のデータ送信の様を見てください。

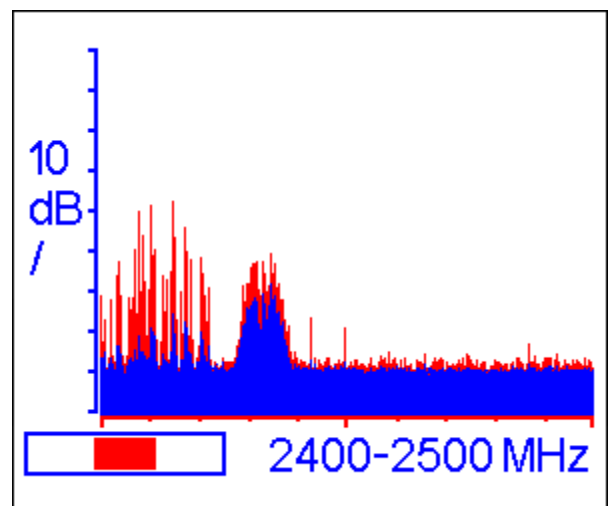
ウォーターフォール・モードで観測すると動作周波数が良く分かります。クッキリと見えている垂直の線が目的の信号で、その中心周波数はおよそ 2433 Mhz です。



密度グラフを使うと、右図のように妨害波である第1チャンネルの WiFi 信号とのレベルを比較できます。



ピーク値と平均値グラフで信号を観測すると、この RF モジュールの平均値 (青色) とピーク値 (赤色) がほぼ同じであるのが分かる。この事より、送信機が連続動作している事が分かる。それに反して、WiFi アクセスポイントではピークと平均で大きなレベル差があるので、間欠的な送信しかしていない事が分かる。



Copyright © 2013 Rig Expert Ukraine Ltd.

<http://www.rigexpert.com>

RigExpert is a registered trademark of Rig Expert Ukraine Ltd.

28-Feb-2013, Firmware ver. 123