



第7章 動作原理を理解すれば 必ず使いこなせるようになる!

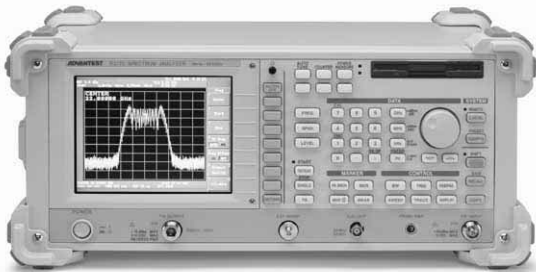
スペクトラム・アナライザの 動作原理と基本操作

石橋 恒夫
Tsuneo Ishibashi

周波数資源の利用効率向上とともに、スペクトラム・アナライザに対する需要も大幅に伸びて来ています。産業用測定器として約30年以上の歴史があり、当初は研究や開発に使われていました。近年では、移動体通信を軸とした無線通信機器の分野で欠くことのできない測定器となっています。

スペクトラム・アナライザは主に、測定周波数範囲をより高い周波数に伸ばす方向で発展しており、現在では50 GHz程度の周波数までダイレクトに測定できるようになっています。写真1の機種では内蔵ミキサで40 GHzまで、外部ミキサ使用で110 GHzまで観測できます。また、フィールドでの測定には、小型かつ軽量でバッテリー動作する機種も多数使われています。

スペクトラム・アナライザの用途は、主にパワー・スペクトラムをモニタすることでしたが、回路技術の向上によって測定限界が拡大され、より詳細な解析ができるようになりました。同時に低価格ながらミドル・クラスの性能を持った汎用機種も数多く発売されています。



〈写真1〉40 GHz スペクトラム・アナライザ R3172 [株]アドバンテスト



スペクトラム・アナライザとは

● オシロスの横軸は時間、スペアナの横軸は周波数

電気信号を観測する一般的な測定器としてオシロスコープがあげられます。オシロスコープは横軸を時間で表し、電圧変化を縦軸で表すことで測定信号の相対的なタイミングや位相情報が得られます。しかし、周波数が数百MHz以上の信号や、複数の周波数成分が合成されたような信号を観測するには向きません。

スペクトラム・アナライザでは、横軸を周波数とし、画面左端から右端に向けて周波数が高くなるようにスケールされています。縦軸は電圧(電力)で、画面右端に向って大きな値となっています。

スペクトラム・アナライザは幅広い周波数に渡り個々の周波数成分を分離し、それらの電圧/電力レベルを表示してくれる測定器です。

● スペクトラム・アナライザの周波数軸表示の概念

図1(a)は三つの周波数成分が合成された波形を時間軸で表示しています。 f_1 , f_2 , f_3 はおのおの異なる周期と振幅をもっており、時間軸上で3波の振幅を足し算した結果が f_0 です。オシロスコープで観測できる波形は f_0 となります。

図1(b)は時間/振幅軸に加え、Z軸に周波数をとった仮想図です。周波数軸上では周波数で分離した信号をスペクトルとして表示し、おのおのの振幅の大きさをスペクトルの高さで表します。スペクトラム・アナライザでは周波数軸や振幅軸を絶対値で校正することで正確な測定ができます。

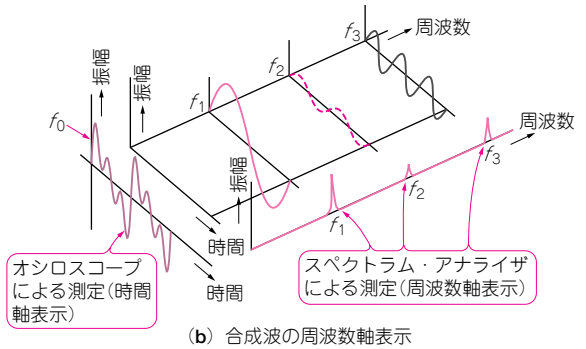
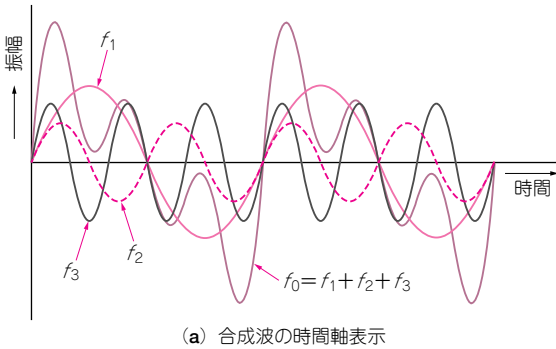
● スペクトラム・アナライザは何を測るのか

図2は発振器の出力をスペクトラム・アナライザで観測したイメージです。発振信号を f_c [Hz]、不要信

Keywords

中心周波数, 周波数表示範囲, 基準レベル, 不要輻射, スプリアス, 相対周波数, 相対レベル, dBm単位, 1 mW = 0 dBm, ミキサ, 局部発振器, IFフィルタ, レベル検波器, ランプ信号, アッテネータ, フル・スパン, パワー・スペクトラム, トラッキング・ジェネレータ, マルチ・スクリーン表示, 電力演算, デルタ・マーカ.

〈図1〉 周波数表示の概念



号(スプリアス)を f_{sup} [Hz] とします。

スペクトラム・アナライザでの基本測定は以下の3項目です。

- f_C の絶対周波数と絶対レベル(f_C と A_C)
- f_{sup} の絶対周波数と絶対レベル(f_{sup} と A_{sup})
- f_C と f_{sup} の相対周波数と相対レベル(Δf と ΔA)

周波数の表示範囲は高周波用では3 GHz以上に設定できるものが一般的で、幅広い周波数範囲の信号を観測できるのがスペクトラム・アナライザの大きな特徴といえます。

観測信号の周波数をさらに正確に測定したい場合は、スペクトラム・アナライザの内蔵周波数カウンタを使えば、7～9桁の分解能で周波数を測定できます。1 GHzを測定した場合、1 Hz～100 Hz程度の分解能ということです。

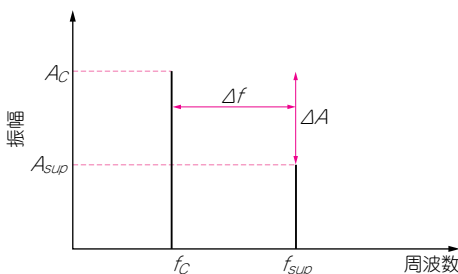
レベル軸はdBm単位で校正され、対数表示で目盛られています。dBm単位は50 Ωインピーダンス系で標準的に使用され、1 mW = 0 dBmを基準としています。ある信号レベル P [W] をdBmへ換算する式を次に示します。

$$P_{dBm} = 10 \log \frac{P}{0.001} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 P_{dBm} : 1 mWを0 dBmとして対数で表した電力値

仮に、 f_C に対して f_{sup} のレベルが-30 dBとすると、 f_{sup} は f_C の1/1000の電力値です。

〈図2〉 発振器の出力をスペクトラム・アナライザで観測したイメージ



このように振幅軸を対数で目盛ることで、レベル表示のダイナミック・レンジが広いことも大きな特徴で、一般的なスペクトラム・アナライザでは70～100 dBの表示範囲をもちます。

スペクトラム・アナライザの動作原理

■ 基本構成

スペクトラム・アナライザの動作は、掃引型、デジタル・サンプリング型、フィルタ型の3種類に大別されます。ここでは一般的に広く使われている掃引型のスーパーヘテロダイン方式を解説します。図3に掃引型スペクトラム・アナライザの構成を示します。

● ミキサ

ミキサは二つの入力信号を混合してIF(中間周波数)に変換するブロックです。入力信号を f_S [Hz]、局発振器からのローカル信号を f_L [Hz] とすると、ミキサの出力ポートからは複数のIF信号 f_{IF} [Hz] が生成されます。 f_{IF} の周波数関係を以下に示します。

$$f_{IF} = f_L + f_S \dots\dots\dots (2)$$

$$f_{IF} = f_L - f_S \dots\dots\dots (3)$$

$$f_{IF} = f_S - f_L \dots\dots\dots (4)$$

ミキサ以降の回路では、ミキサで生成した f_{IF} だけを処理して目的にあった測定結果を表示しています。スペクトラム・アナライザが信号処理するうえで、最

〈図3〉 掃引型スペクトラム・アナライザの内部ブロック図

