

第3章 動作原理，使いこなすために 知っておきたいこと，能力の限界など

基本的な RF 測定器の常識 その2：古典スペクトラム・アナライザ

小室 貴紀
Takanori Komuro

本章の構成と狙い

この章では，典型的な RF の測定器であるスペクトラム・アナライザ(通称スペアナ)について解説します。スペアナは，RF にしか使えない測定器ではありません。極めて応用範囲の広い測定器なので，RF 以外の用途についても少しお話するつもりです。

■ 構成

最初に，スーパーヘテロダイン方式のスペアナのブロック図を説明します。この構成は RF 部分と IF 部分がすべてアナログ回路で作られており，今では古典的とさえいえます。しかし，スペクトラム・アナライザの原理を理解するうえで，避けて通ることはできません。

次にスペクトラム・アナライザを使って，いろいろな測定をする場合の注意をブロック図と対応させながら説明します。ここでは，分解能帯域幅と掃引速度の関係といった，スペクトラム・アナライザの構成に起因する制約(トレードオフ)について説明します。

さらに，実際の測定例として，AM/FM 波の測定などを取り上げます。

■ 最新スペクトラム・アナライザを わざと古典的なモードで使ってみる

なおこの章では，最新のデジタル変調信号の解析に対応したスペクトラム・アナライザをわざと古典的なモードで動作させた写真を使っています。このような最新のスペクトラム・アナライザは，ボタン一つで高度な解析を行えるようになっていますが，便利になった反面，その動作原理が見えにくくなっています。

しかし，測定器の動作原理がわからなくては，自分の工夫を加えて手足のように使いこなすことはできません。それでは，せっかくの測定器が室の持ち腐れになりかねません。そこで，あえて最新機種を古典的なモードで動作させて，測定器としての基本は変わっていないことを示そうと考えました。

スペクトラム・アナライザとは？

■ 周波数ごとのパワーを測定し表示する

図1はスペクトラム・アナライザの表示画面の例です。周波数ごとのパワー(電力)を測定する装置であり，グラフ表示は横軸が周波数で，縦軸がパワーです。

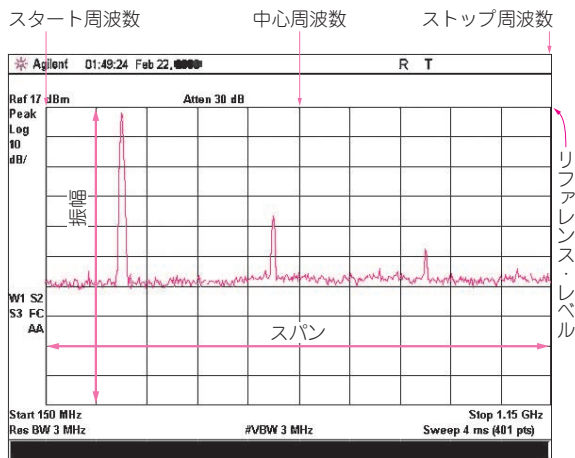
また信号の送受の点から見てみると，前章で取り上げた信号発生器は，再現性よく「信号を出す」機器であるのに対して，スペクトラム・アナライザは「信号を受けて」その性質を表示する測定器です。

なお，スペクトラム・アナライザを使って，未知の信号の周波数を測定することも可能です。しかし周波数を測定するだけでしたら，スペクトラム・アナライザを持ち出すまでもなく，周波数カウンタを使えば，はるかに高い精度で測定可能です。

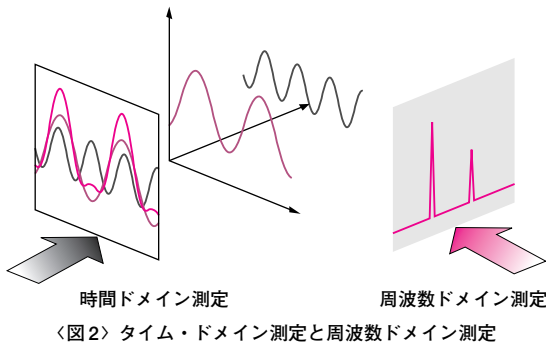
やはりスペクトラム・アナライザにふさわしい測定とは，周波数ごとのパワーを測定する用途になります。

■ 時間ドメインと周波数ドメイン

スペクトラム・アナライザを使おうという人であれ



〈図1〉 スペクトラム・アナライザの表示画面例



ば、時間ドメインと周波数ドメインの関係はすでによくご存じでしょう。

● 複雑な波形も正弦波の組み合わせで表現できる

図2を見てください。時間とともにレベルが変化する複雑な波形の信号を周波数ドメインから見ると、いくつかの正弦波の組み合わせとして解釈できます。複雑な波形を単純な正弦波の組み合わせとして理解できるので、いわば、もともとの波形を構成する要素がわかったこととなります。複数の単純な要素に分解したうえで、その各々が正常であるかどうかを解析するのであれば、もともとの複雑な波形をそのまま扱うよりは見通しよく解析を行うことができそうです。

このように、複雑な現象を解析するときには、より単純な、理解しやすい要素の組み合わせであると解釈することが有効な場合が多いのです。スペクトラム・アナライザは、複雑な現象を周波数ドメインから単純に、わかりやすく表現する装置であるということもできます。

● 周波数ドメインの現象を時間ドメインから見てみる

さて、次に周波数ドメインの現象を時間ドメインから見てみることにします。

正弦波に、3次、5次、…の高調波を足し合わせて

いくと、その時間軸波形はだんだん方形波に近づいていきます。図3では1 MHzの正弦波に3次高調波を加算した波形を下段に表示しています。図(a)は方形波に近づいているのがわかります。

これは多くの教科書に載っている例なのですが、少し形を変えみましょう。図(b)でも、1 MHzの正弦波に、3次高調波を加えているのですが、下段に表示されている波形は図(a)とはだいぶ違います。基本波と高調波の位相の関係が図(a)と異なっているだけなのですが、方形波というよりは三角波に近いでしょうか？

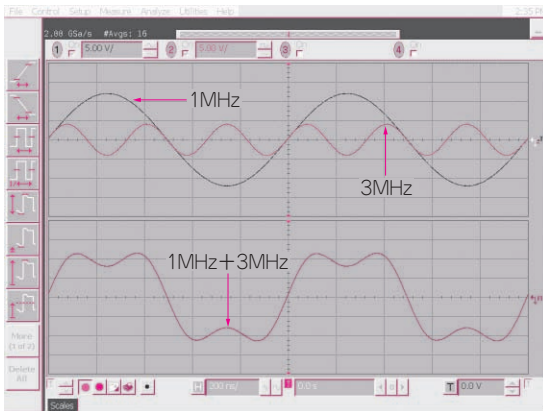
図(a)の波形と、図(b)の波形をスペクトラム・アナライザで観測すると、まったく同じ表示になります。すなわち、時間ドメインでは異なる波形であっても、スペクトラム・アナライザの表示だけでは見分けることはできない場合があることを示しています。または、(基本的な)スペクトラム・アナライザは、位相の情報を表示できない測定器であるということもできます。

スペクトラム・アナライザのブロック図

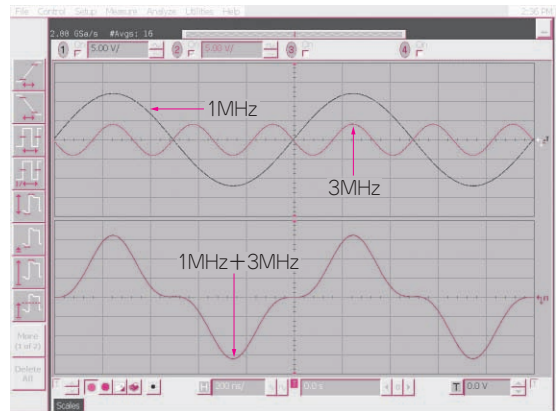
■ オーディオ機器のスペクトラム・アナライザ表示はフィルタ・バンク構成

周波数ドメインで帯域ごとのパワーを表示する装置を考えると、図4のように、複数のバンドパス・フィルタ(BPF)を並列に並べた構成が考えられます。アナログ・フィルタを使ってこの構成を実現すると、周波数スパンや周波数分解能を変更するには、いちいちハードウェアを切り替えなくてはなりません。

そのため一部のオーディオ用スペクトラム・アナライザのように、フィルタ構成を変更不要な用途以外では使われることはありません。



(a) 方形波に近づく場合



(b) 三角波に近づく場合

〈図3〉 1 MHzの正弦波に3次高調波を加算した波形