

## 特集



## 第2章 RFパワーの周波数特性測定を通じて学ぶVNAの基本的な仕組み

### ネットワーク・アナライザの基礎

小室 貴紀

Takanori Komuro

この章では、ネットワーク・アナライザに関する一番基本的な説明を行います。

ネットワーク・アナライザを使わずに、SGとパワー・メータを使う簡単な構成で周波数特性を測る方法から説明を始めて、その場合に発生する問題点と解決策へと話を進めていきます。しかし、一つの問題を解決しても別の問題が発生するのは当然のこと。さらに高度な解決策へと話を進めていくことになります。

表面的に見れば、話はどんどん複雑になっていきますから「とても付いていけない。私は簡単な方法でいいや!」と感じる方もいるかもしれません。でも、一つ一つの問題は単純なものですし、解決策もわかりやすくなるように全力を注ぎました。

この章を読み終えた方には「えっ! ベクトル・ネットワーク・アナライザって、これだけ?」と感じていただければ、私の意図は成功したことになります。

#### パワーの周波数特性を測る

##### ■ 周波数特性

一般的に周波数特性といえば、何らかの量が周波数に応じてどのように変化するかを表す特性です。

「ノイズの周波数特性」「入力インピーダンスの周波数特性」「ゲインの周波数特性」「群遅延の周波数特性」といった具合に使います。

このうち、最初の「ノイズの周波数特性」は、特定の信号を加えなくても被測定物(以下、DUT: Device Under Test)が自発的に出している場合には、スペクトラム・アナライザを使って測定できます。

一方、残りの「周波数特性」は、信号源から特定の周波数の信号を順次出し、それにDUTがどのように反応するかを記録することにより測定できます。つまり、この種の測定を行うには、DUTのほかに信号源とレシーバが必要です。

##### ● BPFの周波数特性を測る

典型的な例として、バンドパス・フィルタ(BPF)のゲインの周波数特性を測定する場合を考えてみましょう。

う。

この場合、測定対象となるBPFがDUTで、その入力に発振周波数を変えることができる信号源(SG: Signal Generator)を接続し、DUTの出力に広帯域のパワー・メータをつなげば、図1のような構成で最低限の測定はできそうです。

写真1は、実際に測定器を用意して、このセットアップで測定を行っているようです。

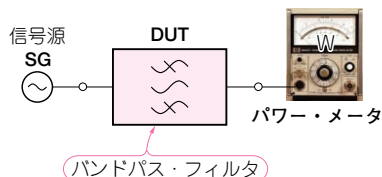
青いケーブルがつながっているのがSG(アジレントE4438C)で、そこからDUTである10 GHzのBPFに信号が入力されます。DUTの出力は、パワー・センサに入力され、パワー・メータ(アジレントE4419A)に表示されます。なお、写真撮影を意識して美しくケーブルを捌くためにDUT部分の信号は右から左に向かっていきます。

この状態で、SGの出力周波数を必要な範囲で変えていき、そのつどDUTの出力をパワー・メータで読み取り、横軸を周波数、縦軸を電力にしてグラフ化すれば見慣れた周波数特性図ができあがります。

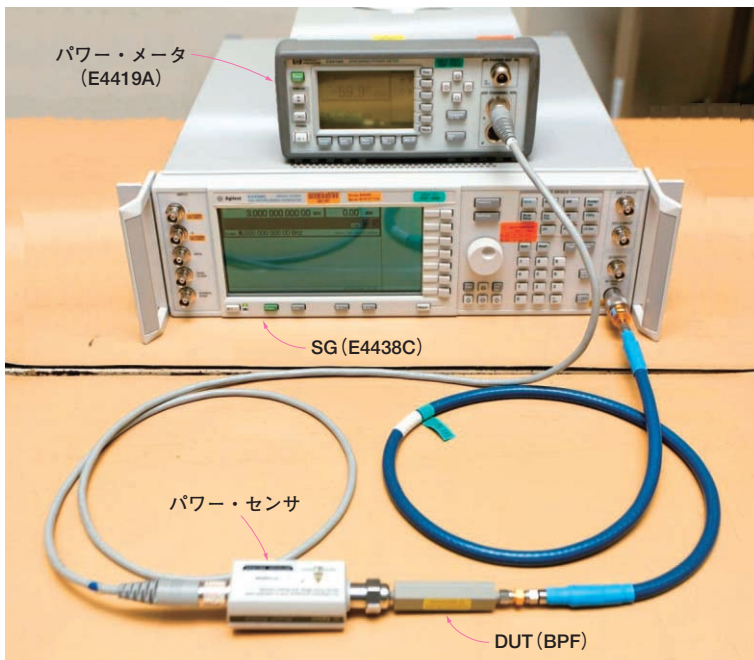
##### ● SGやパワー・メータの周波数特性が平たんでないことによる誤差

この構成では、SGやパワー・メータが理想的な周波数特性を持っていない場合には、測定誤差が発生しそうであることが容易に理解できるでしょう。

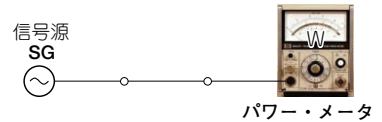
仮に、SG出力が周波数に応じて変動した場合には、BPFの特性が一定であっても、その出力は変化します。BPF出力に接続したパワー・メータにとっては、BPF出力が減少した原因が、SGにあるのかBPFにあるのかが判別できないので、とにかくその周波数で変



〈図1〉バンドパス・フィルタの周波数特性を測る最低限の構成



〈写真1〉 SG (信号発生器) とパワー・メータを使ってローパス・フィルタの周波数特性を測っている様子



〈図2〉 SG とパワー・メータを直結して SG 出力の周波数特性を測る

動が生じたということだけが観測されます。

パワー・メータ側で周波数による感度の変動が発生した場合も同様ですから、やはり測定結果には、DUT 本来の特性でない誤差が付加されることになります。

### ● この種の誤差の補正方法

SG やパワー・メータの周波数特性によって発生する誤差を避けるには、BPF の測定をする前に、図 2 のように SG の出力をパワー・メータに直接繋いで、あらかじめ SG とパワー・メータを合わせた周波数特性を記録しておき、その変動分を差し引く方法が考えられます。この補正を行うには、SG とパワー・メータ以外に特別な装置は必要ありません。強いていえば、SG 出力をパワー・メータに直結するためのアダプタと、補正值をメモするための紙と鉛筆があれば一通りのことはできます。

## ■ さらに進んだ解決策

### ● スプリッタとスイッチを追加する

SG とパワー・メータ以外に、パワー・スプリッタとスイッチを追加した構成を図 3 に示します。写真 2 は実機による測定例です。

パワー・スプリッタは電力分配器であり、入力された信号を二つの経路に等しく分配します。このとき各経路の出力信号は入力より数 dB (一般に 3 ~ 6 dB) 減少します。

この構成は、DUT を測る経路に加えて、それをバイパスする経路も併設した構成と考えることができます。

つまり、図 3 の R への経路は、SG とパワー・メータを直結した形になっており、DUT 以外の測定系の特性を測って補正用の値を取得するために使うことができます。

この構成では、SG の出力が変動した場合、例えば減少した場合には、当然のことながら端子 R に現れる信号が減少します。

DUT の特性が変動していなければ、SG の出力変動によって端子 B に現れる信号も減少しますが、その割合は端子 R の変動分と同じはずで、つまり R と B の比  $B/R$  を測定値にすれば、SG の出力変動の影響をキャンセルできます。

ここで注目してほしいのは、切り替えスイッチを使って R と B を同じパワー・メータで測定していることです。この構成であれば、パワー・メータの感度変動している場合でも、SG 出力の変動と同様にしてキャンセルできます。さらにこの構成では、信号の評価に使うレシーバ部分 (ここではパワー・メータ) は「R と B の比」(つまり相対値) が測定できれば十分であり、絶対値を測定できる性能、すなわち精度が保証されたパワー・メータを使う必要がありません。

### ● パワー・メータは絶対値が重要

通常のパワー・メータは、入力電力の絶対値を表示します。つまり良いパワー・メータを作るには、(入