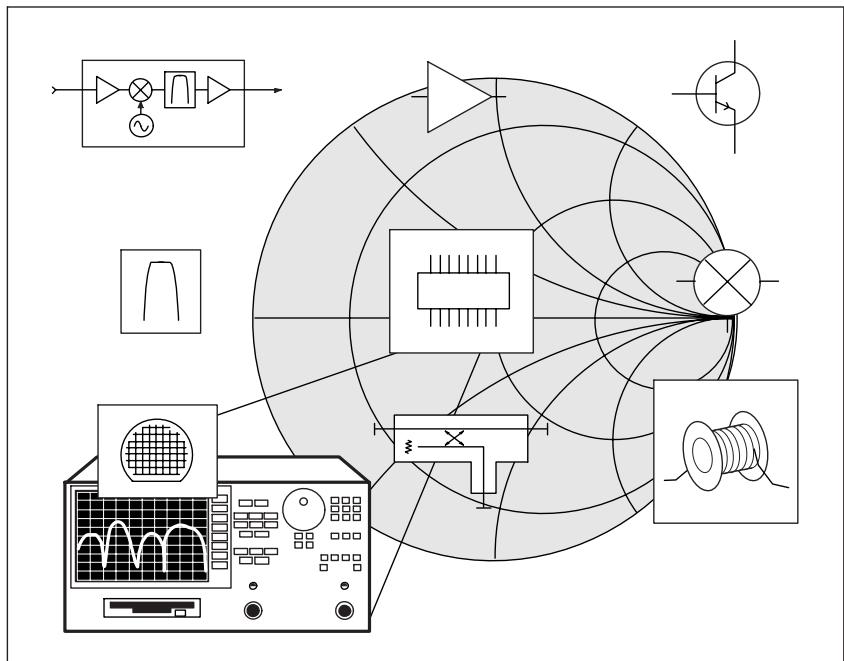
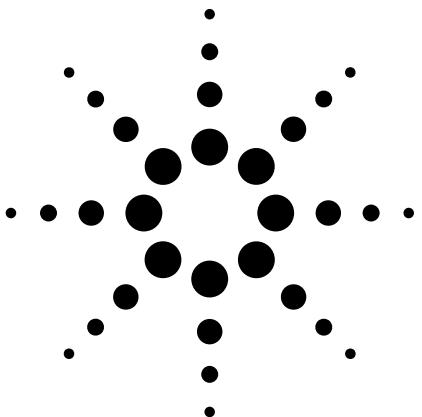


# ネットワーク・アナライザ測定: フィルタとアンプ

## Application Note 1287-4



### 目次

	ページ
はじめに .....	2
フィルタの測定 .....	2
誤差補正による	
正確な通過帯域測定 .....	3
アンプの掃引パワー測定 .....	4
AM-PM変換の評価 .....	5

### ご注意

2002年6月13日より、製品のオプション構成が変更されています。  
カタログの記載と異なりますので、ご発注の  
前にご確認をお願いします。

 **Agilent Technologies**  
Innovating the HP Way

## はじめに

ネットワーク・アナライザは、開発部門と生産現場の両方で、さまざまなデバイスやコンポーネントの特性を測定するために用いられています。ネットワーク・アナライザはきわめて正確な測定器であり、アクティブ・コンポーネントとパッシブ・コンポーネントのどちらの測定にも使用できます。このアプリケーション・ノートでは、フィルタとアンプの測定を例にとってこれを実証します。ネットワーク・アナライザにタイム・ドメイン機能を付けると、測定の中の不要なレスポンスを排除して、目的の情報だけを残すことができます。

アジレント・テクノロジー社では、さまざまな種類のRF/マイクロ波ネットワーク・アナライザを販売しています。これらは、DC~110 GHzの測定に使用できます。これらの製品には、多種類のオプションやテスト・セットが用意されており、スタンド・アロンでも自動テスト機器(ATE)セットアップでも、測定を容易に行うことができます。

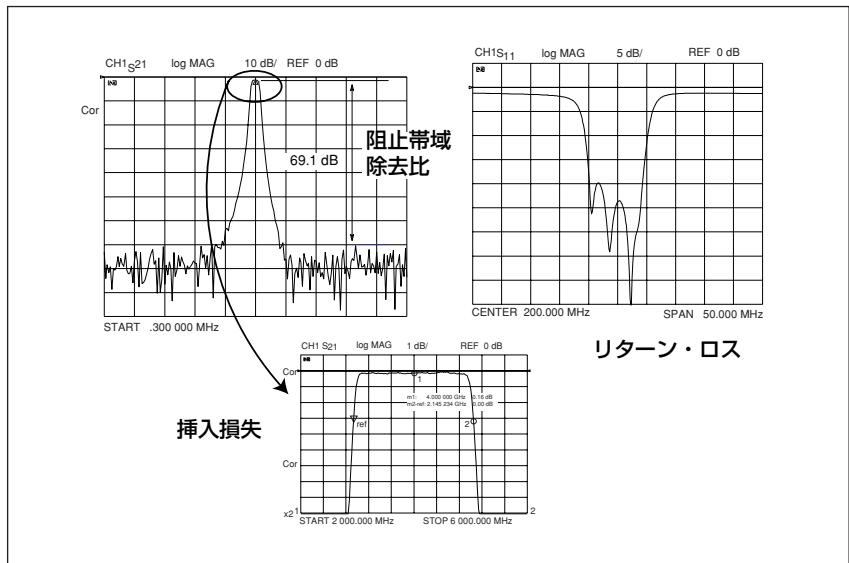
通信システムの性能にとって、コンポーネントの振幅と位相の両方の動作が重要な役割を果たす場合が多くあります。ベクトル・ネットワーク・アナライザを使えば、アンプやトランジスタなどのアクティブ・デバイスから、キャパシタやフィルタなどのパッシブ・デバイスまで、広い範囲のデバイスに関する情報を得ることができます。このアプリケーション・ノートでは、RFフィルタに対する掃引周波数測定と、通信帯域用アンプに対する掃引パワー測定について説明します。このアンプは、GSMで用いられているものの代表的な例です。

## フィルタの測定

フィルタの特性を完全に評価するには、通常掃引周波数測定が用いられます。図1にフィルタの周波数応答の例を示します。左と下のグラフは伝送応答の大きさを対数形式で示したものであり、右のグラフは反射応答(リターン・ロス)を示します。

測定対象となるフィルタ特性のうちで最も一般的なものは、挿入損失と帯域幅です。下のグラフでは縦軸を拡大してこれらを示しています。もう一つの一般的なパラメータは、帯域外除去比です。これは、帯域幅内の信号を通し、帯域幅外の信号を除去するフィルタの能力を測定するものです。この特性を正しく評価できるかどうかは、一般にテスト・システムのダイナミック・レンジによって決まります。

図1.  
周波数掃引によるフィルタのテスト



リターン・ロスはパッシブ反射フィルタ測定の代表的なものであり、阻止帯域で高い反射率(ほぼ0 dB)、通過帯域で高いインピーダンス整合を示します。これとは異なるタイプのフィルタに吸収フィルタと呼ばれるものがあり、阻止帯域と通過帯域の両方で整合度が高いため、広い周波数レンジにわたって良好な整合を示します。

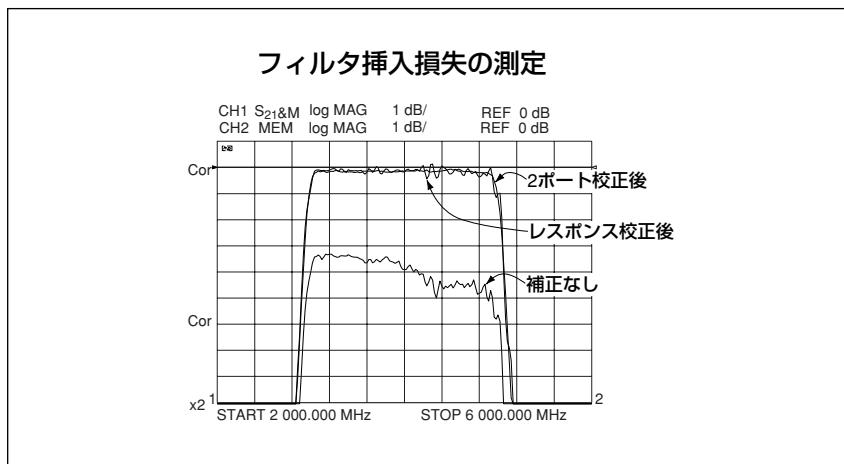
## 誤差補正による正確な通過帯域測定

フィルタの帯域幅内で振幅応答が一定でないと、信号ひずみが生じます。フィルタ通過帯域の正確な測定には、誤差補正が重要な役割を果たします。ネットワーク・アナライザによるフィルタの通過帯域測定を校正なしで実行すると、使用するネットワーク・アナライザやテスト・ケーブルによって応答が大きく異なる場合があります(図2)。

同じフィルタをレスポンス校正(ノーマライズ)後に測定すると、テスト・システムの伝送トラッキング周波数応答誤差が測定結果から除去されるため、振幅ひずみの量ははるかに小さくなります。ノーマライズを行っても、表示されたフィルタの周波数応答には多少の振幅リップルが残ります。これはテスト・システムのソース整合と負荷整合の相互作用から生じるものです。リップルが0 dB基準線を超えてゲインを示すことさえあります(パッシブ・デバイスは信号を增幅しないので、ゲインはありません)。この見かけ上の異常は、不整合測定誤差に起因します。フィルタ測定前に2ポート校正を実行することにより、この種の誤差を除去できます。

ベクトル誤差補正(2ポート校正)後の結果を見ると、明らかにフィルタの通過帯域振幅応答は中心周波数の上下に±0.1 dB程度しか変化しません。補正なしのテスト・システムで測定された±1 dBの振幅変化は、フィルタの実際の通過帯域応答を正しく表していなかったことになります。ベクトル・ネットワーク・アナライザで誤差補正を実行することにより、フィルタの真の性質が明らかになりました。このフィルタの振幅応答は中心周波数の上下にわずかしか変動せず、低ひずみアプリケーションに要求される比較的少ない振幅変動を実現していることがわかります(ネットワーク・アナライザ測定に対する誤差補正の適用、アプリケーション・ノート1287-3参照)。

図2.  
レスポンス校正と  
2ポート校正



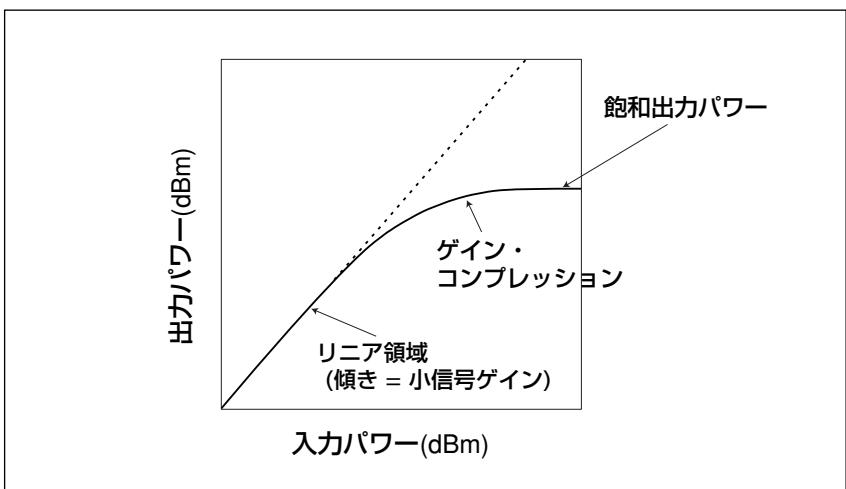
## アンプの掃引パワー測定

フィルタ測定に用いられる掃引周波数測定に加えて、多くのネットワーク・アナライザでは掃引パワー測定を実行することができます。これはデバイスのノンリニア動作を測定するのに便利です。図3の例は、アンプの出力パワーと入力パワーの関係を單一周波数で測定したものです。アンプにはリニア動作領域があり、ここではゲインがパワー・レベルに関係なく一定になります。この領域でのゲインを小信号ゲインと呼び、パワー応答の傾きに比例します。

入力パワーを上げてゆくと、ある点でアンプのゲインが減少しはじめます。この点がゲイン・コンプレッションの開始点と定義されます。この領域ではアンプの出力が正弦波でなくなり、信号の基本周波数だけでなく高調波が現れます。さらに入力パワーを上げてゆくと、アンプは飽和しはじめ、出力パワーが一定になります。この点では、アンプのゲインが0となり、入力パワーを増やしても出力パワーは増えません。これは大部分のアンプに当てはまりますが、進行波管増幅器など一部のアンプでは飽和点を超えると出力がむしろ減少します。

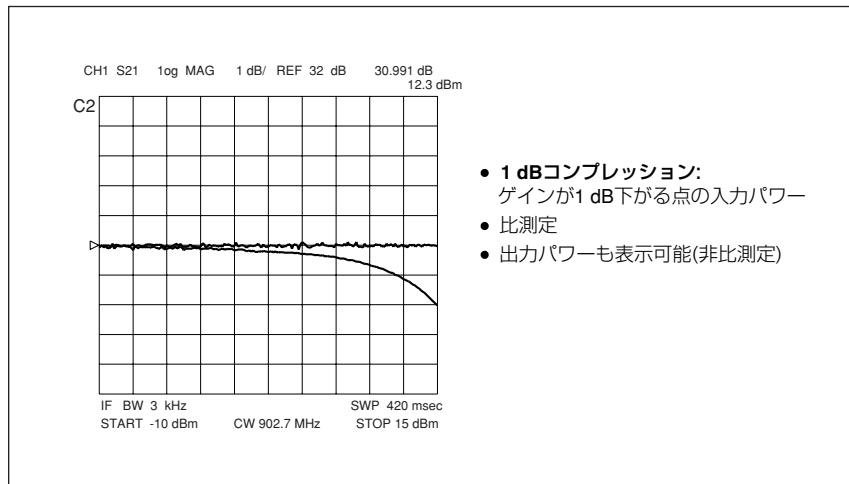
アンプの飽和出力パワーをパワー掃引で測定するには、ネットワーク・アナライザの出力パワーがアンプを飽和させるのに十分でなければなりません。高い周波数ではネットワーク・アナライザのテスト・ポートから得られるパワーが比較的低いレベルに制限されるため、ハイパワー・アンプで飽和条件を達成するためにはアンプの入力にブースタ・アンプを接続しなければならないことがあります。

図3.  
パワー掃引による  
ゲイン・コンプレッ  
ションの測定



アンプのコンプレッション測定でもっとも一般的なのは、1dBコンプレッション点の測定です(図4)。これは、アンプのゲインが小信号(リニア)ゲインに対して1dB下がる点の入力パワー(場合によっては対応する出力パワー)と定義されます。アンプの1dBコンプレッション点を測定するには、パワー掃引で得られたゲインをノーマライズして表示します。

図4.  
1dBゲイン・コンプレッション



この表示では、トレースの平坦な部分がリニア小信号動作領域であり、負の傾きを持つトレースの部分が高い入力パワー・レベルでのコンプレッションに対応します。この例で測定されたアンプでは、1dBコンプレッションが生じるのは入力パワーが $+12.3\text{dBm}$ のときです。測定は902.7 MHzの固定CW周波数で行われています。

1dBコンプレッション点での出力パワーを知りたい場合がよくあるため、多くのネットワーク・アナライザではデュアル・チャネル機能を使ってノーマライズされたゲインと絶対パワーを同時に表示できます。表示マーカを使えば、1dBコンプレッションが起きる点の入力パワーと出力パワーを読み取ることができます。別の方法として、単に1dBコンプレッション点でのアンプのゲインを1dBコンプレッション点の入力パワーに加えるだけでも、対応する出力パワーが計算できます。図4では、1dBコンプレッション点の出力パワーは $12.3\text{dBm} + 31.0\text{dB} = 43.3\text{dBm}$ となります。

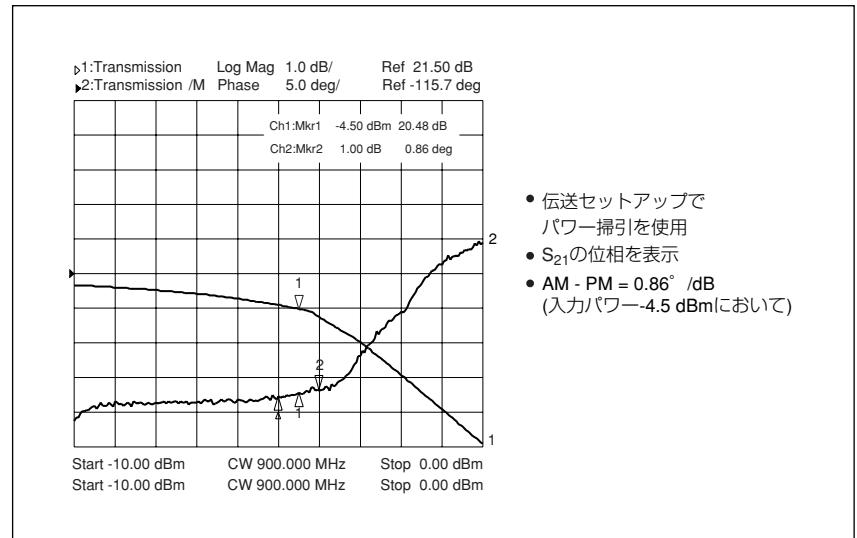
この種のコンプレッションテストでは、テスト対象のアンプをリニア動作領域からコンプレッション領域までドライブするため、パワー掃引レンジを十分広く取る必要があります。最近のネットワーク・アナライザの多くは15～20 dBのパワー掃引レンジを持っており、大部分のアンプをコンプレッション領域にドライブすることができます。もう一つ重要なのは、ハイパワー・アンプの出力を十分に減衰する必要があることです。これは、ネットワーク・アナライザのレシーバを損傷しないためと、レシーバのコンプレッションを避けるためです。

## AM-PM変換の評価

振幅変調-位相変調(AM-PM)変換の測定も、高周波アンプのノンリニア動作を表現するのに役立ちます。この測定にはベクトル・ネットワーク・アナライザが必要です。AM-PM変換は、システム内の振幅変化によって望ましくない位相シフトがどの程度発生するかを知る尺度となります。

通信システムでは、電源リップル、熱ドリフト、マルチパス・フェージングなどから生じる偶発的な振幅変動のために、不要な位相変調が発生することがあります。変動はシステムで用いられる変調のタイプから生じることもあります。QAM(Quadrature Amplitude Modulation)変調やバースト変調がこの例です。

図5.  
AM-PM変換



AM-PM変換が重要なのは、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)などの位相変調に基づくシステムの場合です。位相ひずみが発生すると、アナログ・システムでは信号が劣化し、デジタル・システムではビット誤り率(BER)が悪化します。AM-PM変換はBERと直接の関係があるので、AM-PM変換を測定すればシステムのBER悪化の原因を知る助けになることがあります。BER測定自体はビット誤りを引き起こしている現象について何も教えてくれないので、この種の測定によって補完する必要があります。

AM-PM変換は、通常はアンプへの入力パワーが1dB増加したときの出力位相の変化と定義され、度/dBで表します。理想的なアンプでは、位相応答と入力信号レベルの間には関係がありません。AM-PM変換は、ベクトル・ネットワーク・アナライザのパワー掃引を使って測定することができます(図5)。テスト・データは、順方向伝送(S21)の位相とパワーとの関係として表示されます。DUTのAM-PM変換を計算するには、特定のパワー・レベルを中心とした振幅の小さな増加(例えば1dB)を取り、位相の変化を記録します。振幅と位相の変化はトレース・マーカを使えば楽に測定できます。位相変化を振幅変化で割ると、AM-PM変換の値が得られます。図5では、入力パワー-4.5dBm、出力パワー16.0dBmを中心として、0.86°/dBというAM-PM変換の値が得られています。

## 参考文献

ベクトル・ネットワーク解析の基礎、Application Note 1287-1

ネットワーク・アナライザのアーキテクチャ、Application Note 1287-2

ネットワーク・アナライザ測定に対する誤差補正の適用、  
Application Note 1287-3



アジレント・テクノロジー株式会社  
本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測  
お客様窓口

受付時間 9:00~19:00  
(土・日・祭日を除く)  
※FAXは24時間受付け

**TEL** 0120-421-345  
(0426-56-7832)  
**FAX** 0120-421-678  
(0426-56-7840)  
E-mail:mac\_support@agilent.com

電子計測ホームページ  
<http://www.agilent.co.jp/find/tm>

- 記載事項は変更になる場合があります。  
ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2001  
アジレント・テクノロジー株式会社



**Agilent Technologies**

Innovating the HP Way

January 30, 2001

5965-7710J  
0000-00-H