

# Agilent Technologies コンビネーションアナライザを 使用した正確なノイズ測定 プロダクトノート 4395/96-1

Agilent Technologies 4395A/4396B  
ネットワーク/スペクトラム/インピーダンス アナライザ



## はじめに

一般的なC/N(キャリア/ノイズ)比測定において問題になるのが、ノイズ部分をいかにして測定するかです。ノイズの測定においては、測定器の測定アルゴリズムの違い、また使用するRBWの違い等により、測定結果が異なってきます。

ここでは、**Agilent Technologies** コンビネーションアナライザ(4395Aおよび4396B)による正確なノイズ測定について、既存スペクトラムアナライザ(4195A, 3588A, 3589A, 3585A/B)との違いをとりあげながら説明します。

## コンビネーションアナライザの特長

コンビネーションアナライザ(4395A及び4396B)は、電子部品/回路評価に欠かせない、ゲイン、位相、群遅延、ノイズ、スプリアス、C/N(キャリア/ノイズ)比、などのベクトルネットワーク、スペクトラム、及びインピーダンス測定を一台で可能にする経済的かつ高性能なアナライザです。

特にスペクトラム解析に関しては、4395Aは10Hz~500MHz、4396Bは2Hz~1.8GHzまでカバーし、新技術のステップFFT(4395A: 全分解能帯域幅、4396B: 1Hz~3kHz分解能帯域幅)によ

り掃引時間が従来の約20~100倍速くなっている上、急峻なシェイプファクタのため近接信号解析能力が大幅に向上しています。

また、徹底した低ノイズ設計により、スピードを犠牲にしない微小信号測定を可能にしています。

さらに繰り返しバースト波測定を可能にするタイムゲーテッドスペクトラム解析機能(オプション1D6)があります。

## 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

## ノイズ測定における機種間の違い

各測定器間でのノイズ測定結果の違いとなる要因として、主に次の2つがあげられます。

- ① スペクトラムアナライザの検波方式の違いによる差
- ② RBWの値、及びその形状(シェイプファクタ)の違いによる差

以下にそれぞれについてコンビネーションアナライザと他機種を比較してみます。

### ① スペクトラムアナライザの検波方式の違いによる差

スペクトラムアナライザの検波方式としては、以下の2種類があります。

- (1) ログアンプ + エンベロープ検波器による従来の検波方式
- (2) データをデジタル化した後に行う真の実効値(RMS)検波方式

(1)の従来の検波方式では、ログアンプにより約1.45dB、エンベロープ検波器により約1.05dB、トータル約2.5dB、実際のノイズレベルより低く見え、誤差の要因となっています。そのため、2.5dBの補正係数を適用して実際のノイズ測定値が得られるようにします。(2)の検波方式では、真の実効値検波を行っていますので、検波方式による誤差はありません。コンビネーションアナライザは、真の実効値検波方式を採用していますので、正確なノイズ測定を実現しています。表1に製品の各々の検波方式と真のノイズレベルを求めするための補正方法を示します。

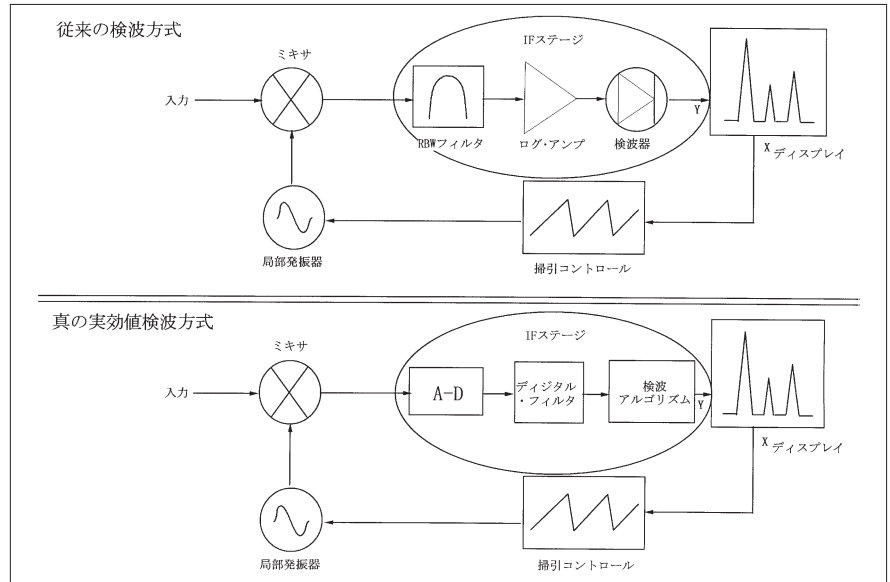


図1. 検波方式の違い

### ② RBWの値、及びその形状(シェイプファクタ)の違いによる差

ノイズは、定義によれば、周波数帯域にわたり連続的に分布するスペクトラムエネルギーにより成り立っています。従って、使用されるRBW(分解能帯域幅)の値、及びRBWの形(シェイプファクタ)により測定されるノイズレベルは異なります。

RBWフィルタ(アナライザの中の最終段のIFフィルタ)には、アナログ型とデジタル型があります。アナログ型ですと、帯域幅に20%の不確かさが出る場合があります。これは、ノイズレベルの不確かさが1.5dBまでになることを示しています。デジタル型ですと帯域幅の不確かさは1%以内ですから、ノイズレベルの不確かさは0.1dB以下で

す。コンビネーションアナライザのRBWフィルタはデジタル型(4395A: 全てのRBW、4396B: 1~3kHzのRBW)ですので、ノイズレベルの不確かさが非常に小さく、正確に測定することができます。また、デジタル型RBWフィルタの形(シェイプファクタ)が急峻なため近接信号解析能力が大幅に向上しています。

ノイズを測定する場合、RBWフィルタ(アナライザの中の最終段のIFフィルタ)が完全な矩形ではないため、一般的に等価ノイズ帯域幅(Effective Noise Band Width (ENBW))を用います。図2に等価ノイズ帯域幅の定義を示します。

表1. アジレント・テクノロジー製品の検波方式と補正方法

モデル名	検波方式	真のノイズレベルを 求めるための補正
3585A/B	(1)ログアンプ + エンベロープ検波	測定結果 + 2.5dB
4195A	(1)ログアンプ + エンベロープ検波	測定結果 + 2.5dB
3588A/89A	(2)真の実効値検波	必要なし
4395A	(2)真の実効値検波	必要なし
4396B	(2)真の実効値検波	必要なし

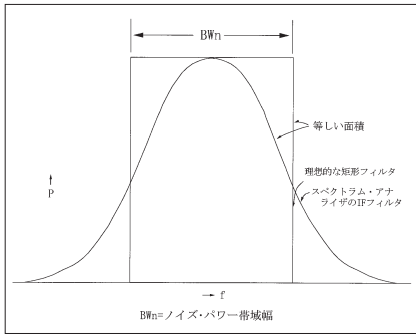


図2. 等価ノイズ帯域幅

通常、等価ノイズ帯域幅(ENBW)は  $ENBW = k \times RBW$  で表わされ、k はRBWのシェイプファクタにより決まっています。表2に各機種種のRBWに対応するENBWを示します。

スペクトラムアナライザでは、ノイズマーカを用いて真の1Hz帯域幅に正規化すると、どのRBWで測定していてもノイズ値(dBm/Hz)は同じ値を示します。また、ある帯域幅で測定したノイズ値から計算することによって、1Hz帯域幅やその他の帯域幅に正規化することが可能です。その場合は、以下のように補正係数を計算し、測定値から補正係数を算出します。

$$\text{補正係数} = 10 \times \log \left( \frac{\text{正規化したENBW}}{\text{測定された時のENBW}} \right)$$

もし、4396BでRBW=30kHzで測定されたものを真の1Hz帯域幅に正規化する場合、補正係数は

$$\text{補正係数} = 10 \times \log \left( \frac{1}{32.1k} \right) = -45.1dB$$

となり、RBW=30kHzで測定された結果から45.1dBを差し引いた値が、真の1Hz帯域幅で正規化したノイズパワー(パワースペクトラム密度)となります。

### 機種間でのノイズ値の相関

ノイズマーカを用いない場合、前述のように、スペクトラムアナライザの検波方式やRBW(ENBW)の違いにより、各機種で測定値の相関がとれない場合があることとなります。

そこで、相関をとりたい場合には、補正(検波補正と帯域幅補正)をする必要があります。

表2. 各機種種のRBW及びENBW

3585A/B		3588A/89A		4195A		4395A		4396B	
RBW	ENBW	RBW	ENBW	RBW	ENBW	RBW	ENBW	RBW	ENBW
		17.0k	18.0k					3M	3.21M
		9.1k	9.6k			1M	1.01M	1M	1.02M
		4.6k	4.9k	300k	284k	300k	303k	300k	315k
		2.3k	2.4k	100k	101k	100k	101k	100k	108k
30k	33.3k	1.2k	1.3k	30k	28.2k	30k	30.3k	30k	32.1k
10k	11.1k	580	614.8	10k	10.6k	10k	9.91k	10k	10.4k
3k	3.3k	290	307.4	3k	2.97k	3k	3.14k	3k	3.031k
1k	1.1k	150	159	1k	0.95k	1k	1.01k	1k	1.103k
300	333	73	77.4	300	310	300	310	300	319
100	111	36	38.2	100	103	100	98.2	100	108
30	33.3	18	19.1	30	33.8	30	31.2	30	31.9
10	11.1	9.1	9.6	10	9.7	10	10.1	10	10.8
3	3.3	4.5	4.8	3	2.96	3	3.07	3	3.36
1	1.1	2.3	2.4			1	0.975	1	1.08
		1.1	1.2						

以下に或るアナライザから別のアナライザへの正規化を行う場合に必要な補正の例を示します。

例として、4395A RBW = 30kHzで測定されたノイズの値N(dBm)を、4195A RBW=30kHzに正規化してみます。まず、検波方式の違いによる補正をする必要があります。4395Aは、真の実効値検波方式を採用しているのに対し、4195Aはログアンプ + エンベロープ検波方式を採用していますので、4195Aの方が約2.5dB低くノイズを測定します。また、ENBWを用いて正規化の補正係数を算出する必要があります。4395AのRBW = 30kHzでのENBW = 30.3kHz、4195AのRBW = 30 kHzでのENBW = 28.2kHzですので、補正係数 =  $10 \log \left( \frac{28.2kHz}{30.3kHz} \right) = -0.3 \text{ dB}$  となります。検波方式の違いと正規化の補正係数を足し合わせると  $-2.5 \text{ dB} - 0.3 \text{ dB} = -2.8 \text{ dB}$  となるので、4395Aで測定したN(dBm)のノイズは、4195Aでは、 $N - 2.8 \text{ (dBm)}$ と測定されることとなります。たとえば、4395Aを用いてあるノイズ信号をRBW=30kHzで測定した場合、約-88dBmと測定されました(図3)。そのノイズ信号は4195AでRBW=30kHzで測定した場合、前述のように  $N - 2.8 = -88 - 2.8 = -90.8 \text{ dBm}$ 位で測定されるはずですが、

実際に、4195Aで測定しますと、約-90.8dBmとなり(図4)、ノイズ値の相関が計算でとれているのがわかります。

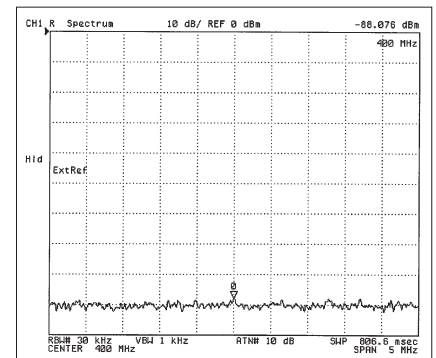


図3. 4395A、RBW=30kHzでのノイズ測定

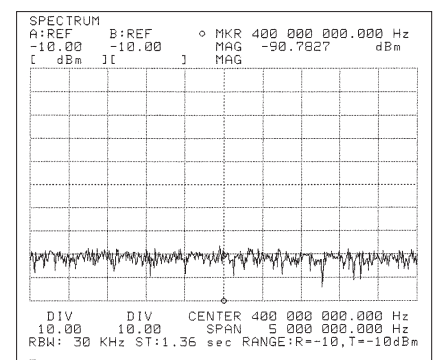


図4. 4195A、RBW=30kHzでのノイズ測定

計測  
お客様窓口

受付時間 9:00~17:00  
(土・日・祭日を除く)  
※FAXは24時間受付可

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。

## ノイズ測定時のフォーマット

コンビネーションアナライザ(4395Aおよび4396B)では、ノイズ値の1Hzへの正規化を自動的に行う機能が2種類あります。ひとつは、ノイズフォーマット機能で、自動的にディテクションモード1をサンプルモード(ピークオフモードと同意語)に設定し、測定点全点を全て真の1Hzに正規化(1Hz ENBW)して表示(単位はdBm/Hz)します。もうひとつは、マーカノイズフォーム機能で、これは通常のスペクトラムアナライザ(3585A/B, 3588A/89A)のマーカノイズ測定とほとんど同じようにマーカが置かれている点を1Hzへ正規化する機能です。異なる点は、通常のノイズマーカ機能は、ディテクションモードが自動的にサンプルモードになり複数回測定した後、値の平均化が行われ、その後、真の1Hzへの正規化(1kHz ENBW)し表示(単位: dBm/Hz)しますが、コンビネーションアナライザのマーカノイズフォーム機能では、ディテクションモードが自動的にサンプルモードにならず、平均化も行われません。つまり、コンビネーションアナライザのマーカノイズフォーム機能を使用する場合には、ディテクションモードをサンプルモードに設定し、ノイズの変動値の平均化のためにVBWを設定する必要があります。

## コンビネーションアナライザのノイズ測定に便利な機能

コンビネーションアナライザにはノイズ測定に便利な機能があります。

### \* デジタルビデオフィルタ

コンビネーションアナライザは、デジタルビデオフィルタを採用していますので、時定数を考慮せずにVBWがかけられノイズ変動を抑えることが可能です。

### \* ノイズ値相関のための値換算機能

前述のようにコンビネーションアナライザはリニアアンプによる真の実効値

検波方式ですが、ソフトキーを選択することによりログアンプ+エンベロープ検波方式の値(ノイズ測定値に2.5dB引いた値)を表示することも可能ですので、いままで使用していたスペクトラムアナライザのノイズ測定値との相関を重視される場合にはとても便利です。

### \* 標準装備のIBASIC機能

IBASICは、BASICをもとに測定器専用開発されたプログラム言語です。この機能により、ノイズの積分値の自動換算などニーズに合わせたプログラミングが可能です。また、4395Aだけのユニークな機能ですが、RAMディスクやフロッピーディスクに保管されたIBASICプログラムをフロントパネルのキー操作だけで簡単にロード/実行できますので、要求に合わせたプログラムを作ることににより、あたかも内蔵された機能のように実行することができ、迅速なデータ収集や解析が行えます。

## おわりに

コンビネーションアナライザ(4395A及び4396B)は、真の実効値検波方式により正確なノイズ測定を実現します。また、他機種とのノイズ値の相関を取りたい場合は、検波方式およびENBW値を用いて計算することにより実現できます。

注1 ディテクションモード: 内蔵のディテクタは、RBWで決まる分解能で測定しますので、表示点だけではなく表示点と表示点の間の全ての測定点の信号をとらえます。表示点より測定点の数が多い場合、複数の測定点の中からひとつの表示値を選択する必要があり、その選択肢をディテクションモードといいます。測定点の中から最大値(ポジティブモード(ピークオンモード))または最小値(ネガティブモード)を表示するモード、もしくは表示点での測定値をそのまま表示(サンプルモード)するモードから選択します。ノイズ測定の場合は、サンプルモードを選択します。



Agilent Technologies

Innovating the HP Way

00-1977  
070001302-H