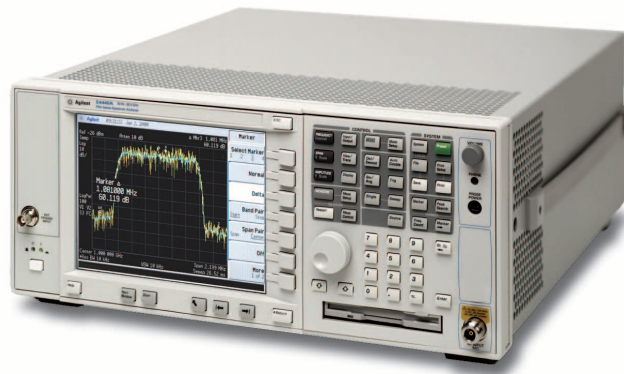


# Agilent PSA パフォーマンス・スペクトラム・アナライザ・ シリーズ

## 掃引解析とFFT解析

### Product Note



スペクトラム解析には、確度、速度、ダイナミック・レンジの間でトレードオフがあります。これら3つのパラメータのうちの1つを重視すると、ほとんどの場合、他の2つのパラメータの性能が低下します。例えば、測定を高速化するために広い分解能帯域幅 (RBW) を使用すると、雑音レベルが上がり、ダイナミック・レンジが減少します。掃引速度を上げると、RBWが一定の場合は測定速度は改善しますが、中間周波数 (IF) フィルタのセトリング時間が不十分となり、確度が低下します。一方、ダイナミック・レンジを重視すると、狭帯域 (掃引速度の遅い) RBWフィルタと、

場合によってはアベレージングを使用することになるので、測定速度が低下します。

Agilentパフォーマンス・スペクトラム・アナライザ (PSA) シリーズ (モデルE4440A) では、速度、ダイナミック・レンジ、確度の3つの測定因子に対して、大幅な機能向上を行いました。またPSAシリーズは、操作性や測定の信頼性も大きく向上しています。これらの機能向上は、主に、優れたアナログ技術に基づいた革新的なハードウェア/ファームウェア・アーキテクチャの結果です。さらに、PSAのファームウェアで実現されたオートカップリングにより、高品質の測定が高い信頼性で簡単に実行できます。

3つのパラメータ間のトレードオフをPSAシリーズによってなくすことはできません。トレードオフの一部は、測定物理に固有の限界に起因しているからです。しかし、PSAシリーズのデジタル・フィルタリング (従来の掃引IFセクションのデジタル実装) と高速フーリエ変換 (FFT) 解析の革新により、トレードオフについても大幅に向上しています。

このプロダクト・ノートでは、PSAシリーズのFFT解析と掃引解析の使用方法を、測定速度、確度、ダイナミック・レンジと関連付けて説明します。オートカップリング機能の概要、および主要測定パラメータの1つまたは複数をも最適化するためのオートカップリング機能のチューニングについても紹介します。



Agilent Technologies

## 目次

掃引方式とFFT方式の振幅確度の比較	2
掃引方式とFFT方式のダイナミック・レンジの比較	3
掃引方式とFFT方式のADC帯域幅	3
掃引方式とFFT方式におけるオートレンジングの影響	4
FFT測定と掃引測定における信号の性質による影響	4
デジタル・フィルタを使用した掃引方式の速度	5
掃引の高速化と掃引速度の影響の補正	6
FFT方式と掃引方式の速度	7
FFTと掃引解析の最適な組み合わせ	8
マルチFFT測定のダイナミック・レンジ	8
マルチFFT測定の測定速度	8
掃引タイプの自動選択	9
掃引タイプの手動選択	9
まとめ	11
関連カタログ	11

## 掃引方式とFFT方式の振幅確度の比較

PSAシリーズは、スペクトラム測定に対して掃引解析方式とFFT解析方式の両方を使用できます。振幅フラットネス誤差はどちらの方式にも存在しますが、掃引方式の方が最終(補正後)確度は高くなります。図1をご覧ください。

掃引スペクトラム・アナライザでは、すべてのRBWフィルタの中心周波数が同じなので、「RBWスイッチングの不確かさ」と呼ばれる)RBWフィルタの振幅確度は、きわめて高くなります。しかしFFTの場合、確度を決める因子はアナログ/デジタル(A/D)変換プロセスの前にあるIFのフラットネスです。広く平坦な応答が必要になり、IFの非フラットネスにより誤差が発生します。測定結果には、この非フラットネスが含まれ、補正はできますが、プロセスは不完全で、最大±0.25dBのフラットネス誤差が残ります。

その他の振幅確度因子は、FFT解析方式と掃引解析方式の両方に同程度の影響を与えます。PSAシリーズでは、さまざまなデザイン因子と内蔵校正機能、IFセクションを完全にデジタル化することで、優れた振幅確度を実現しています。アナログ利得/フィルタリング・ステージの代わりにデジタル信号処理(DSP)を使用することで、IF利得の不確かさ、RBWスイッチング誤差、RBWフィルタの帯域幅の不確かさなどの多くの誤差要因が除去されるか、大幅に減少します。

PSAシリーズの優れた振幅確度の詳細と、代表的な測定で確度を最適化するための推奨事項については、PSAシリーズのproduct note『振幅確度』カタログ番号5980-3080JAを参照してください。

## 掃引方式とFFT方式のダイナミック・レンジの比較

スペクトラム・アナライザで一般化しつつあるA/Dコンバータ(ADC)、デジタル信号処理(DSP)などのデジタル技術の採用は、データ表示機能からアナライザの入力に移行しつつあります。ほとんどの既存のアナライザでは、このデジタル技術が、最終IF(RBWフィルタリング)およびログアンプの後のステージに集中しています。

PSAシリーズでは、こうしたデジタル技術を最終IFに採用し、IF信号をデジタル化し、FFT方式、または掃引IFフィルタのデジタル実装によって、RBWフィルタリングを実行しています。ADCプロセスを信号処理のこのステージに移動すると、解析のダイナミック・レンジに影響を与える可能性があるため、最適なダイナミック・レンジを得るにはこの点を理解しておく必要があります。

最初に、ADCプロセスの一般的な特性を理解することが重要です。ADCは、非常に広い帯域幅を持つIF入力信号の個々のサンプルを、非常に低い雑音レベルまで測定します。しかし、ADCは本質的に雑音の多いデバイスで、その量子化雑音は常に入力の熱雑音を超えています。このため、追加の処理やフィルタリングを使用せずに最大S/N比を維持することは困難です。ほぼすべてのADCで、サンプリング・プロセスの雑音帯域幅は、サンプリング・レートよりもはるかに広がっています。実際に、雑音帯域幅がサンプリング・レートより40倍以上広がっているものもあります。

PSAシリーズでは掃引解析(デジタル・フィルタを使用)とFFT解析の両方を使用できますが、いくつかのダイナミック・レンジの利点は掃引解析に固有のもので、これらの利点は、オートレンジングとADCプロセスに関連する帯域幅に起因するものです。図2に、FFTと掃引解析の相対的な帯域幅を示します。

図1: 掃引フィルタの中心周波数はすべて同じなので、フィルタ掃引の校正は簡単です。

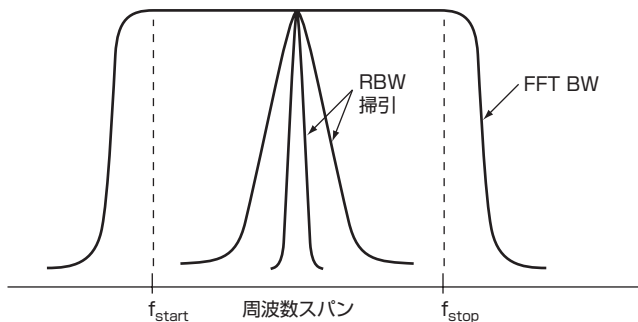
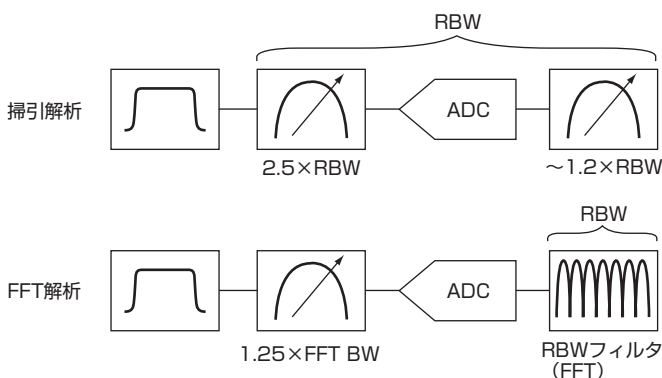


図2: 掃引方式とFFT方式のダイナミック・レンジに影響する重要な因子は、ADCプロセスに関連する帯域幅です。



### 掃引方式とFFT方式のADC帯域幅

ADCプロセスの有効S/N比は、帯域幅を制限することで大幅に向上できます。PSAシリーズの掃引解析では、アナログ・フィルタでADCへの入力帯域幅をRBWの約2.5倍に制限します。アナログ・フィルタはFFT解析でも使用されますが、そのダイナミック・レンジに関する利点は、帯域幅

が広いために制限されます。FFTでは周波数スパン全体が同時に処理されるので、アナログ・フィルタの帯域幅がFFT帯域幅の約1.25倍に設定されます。代表的なRBWおよびFFT帯域幅では、FFTを使用すると、フィルタの帯域幅は、掃引測定の場合よりも約60倍広がります。

## 掃引方式とFFT方式におけるオートレンジングの影響

オートレンジングは、ADCシステム（したがってそのダイナミック・レンジ）のレンジと分解能を拡大するための強力な手法です。掃引解析では、フィルタの帯域幅応答の振幅またはエンベロープがゆっくりと変化するので、ADCは、このエンベロープをトラッキングするためにレンジを実際に変更（オートレンジ）することができます。レンジが変化すると、ダイナミック・レンジ（ピーク信号処理能力と雑音レベルとの比）が許容可能なレンジ変化の分だけ増加します。

オートレンジングはFFT解析でも使用できますが、シングルFFTの周波数スパン内ではレンジを変更できません。このため、各FFT内の雑音フロアは、高くなる場合がほとんどで、ダイナミック・レンジ全体が制限されます。このため掃引解析の方が、優れたダイナミック・レンジが得られます。

従来のFFT解析は、前述のように、測定周波数スパン全体に対応するタイム・レコードに対して実行されます。そのため、指定した周波数スパンをカバーするためにマルチFFTを使用して、（フィルタリングとオートレンジングによる）ダイナミック・レンジを広げる方法を考えるべきです。この方法は、実際にPSAシリーズで実装されており、このプロダクト・ノートの後半で説明しています。

## FFT測定と掃引測定における信号の性質による影響

さまざまなタイプの信号を測定する際のダイナミック・レンジは、信号の統計的な性質に依存します。PSAシリーズでは、オートレンジングADCと、その前にある可変帯域幅トラッキング・フィルタの組み合わせにより、測定結果に位相雑音の様なノイズが生じる可能性があります。このノイズは、表示された雑音側波帯レベルが信号振幅に比例し、信号からのオフセットが増加するとその振幅が減少するか、または落ち込む点で、位相雑音と似ています。

連続波（CW）信号の測定の場合は、オートレンジングによる近接雑音側波帯は、 $-128 \sim -134 \text{ dBc/Hz}$ の範囲にあります。掃引解析では $\pm 1.25 \times \text{RBW}$ を超えるオフセットで、FFT解析では $\pm 0.7 \times \text{FFT幅}$ を超えるオフセットで、これらの側波帯の振幅がさらに減少します。FFT解析の場合、オートレンジングによる雑音側波帯は、約 $\pm 200 \text{ kHz}$ のオフセットでLOの位相雑音より上に表示されます。このため、 $400 \text{ kHz}$ より狭い周波数スパンでは、FFT解析のダイナミック・レンジは、掃引解析のダイナミック・レンジとほぼ同じになります。

高いスペクトラム密度を持つ非相互変調信号の場合は、PSAの以下の2つの特性を考慮してください。1つは、入力ミキサにおける信号レベルが $+5 \text{ dBm}$ （代表値）以下の場合、フロントエンド回路での圧縮が $1 \text{ dB}$ 未満という特性です。もう1つは、ADCは約 $-8 \text{ dBm}$ でクリップし、大きな相互変調歪みと圧縮の影響が生じることです。このため、相互変調のないFM、 $\phi\text{M}$ 、パルスドRFなどの信号の測定では、入力ミキサでの信号レベルを高くして、ダイナミック・レンジを広げられますが、相互変調があるQAM、QPSK、CDMAなどの信

号の測定では、TOIの影響を回避するために、入力ミキサでの信号レベルを低くする必要があります。

高いスペクトラム密度を持つ信号タイプの特殊な例の1つが、パルスドRFです。パルスド信号の測定では、狭帯域フィルタによってADCへのドライブ・レベルを約 $20 \log(\tau \times \text{BW})$ だけ低下させることができます。 $\tau$ はパルス幅、BWはフィルタの帯域幅です。この方法でADCへのドライブ・レベルを $13 \text{ dB}$ だけ低下させると、ミキサをドライブするための十分な信号パワーが得られる限り、ダイナミック・レンジが $13 \text{ dB}$ 向上しませんが（ $13 \text{ dB}$ は、フロントエンドの圧縮しきい値とADCのクリッピングしきい値との差です）。フィルタの帯域幅をさらに狭めると、ADCへのドライブ・レベルをさらに下げることができ、レンジング利得をより高い値に設定して、ダイナミック・レンジをその分だけ向上させることができます。

高いスペクトラム密度を持つ信号の最後の例がFMです。FM信号の測定でもパルスドRF信号で説明したように、狭帯域フィルタによってADCへのドライブ・レベルを下げることで、よりダイナミック・レンジが向上しますが、フィルタの有効性は減少します。パルスドRF信号の場合は、ダイナミック・レンジの向上は、 $20 \log(\text{BW})$ に比例します。しかしFM信号の場合は、ダイナミック・レンジの向上が $10 \log(\text{BW})$ に比例します。さらに、ADCにおける信号のピーク・ツー・アベレージ比が $0 \text{ dB}$ （広い帯域幅で観察される一定振幅の信号の場合）から $8.5 \text{ dB}$ （変調幅に比べて狭い帯域幅で観察される雑音に似た変調の場合）まで変化するので、フィルタの有効性に $8.5 \text{ dB}$ の損失があります。

## デジタル・フィルタを使用した掃引方式の速度

掃引スペクトラム解析の測定時間が長くなるのは、通常、測定に狭いRBWと比較的広い周波数スパンが必要だからです。この状況は、約100kHz以下の周波数スパンの測定や、表示平均雑音レベル (DANL) を低下させるために狭いRBWが使用される低レベル・スプリアス・サーチなどの測定で発生します。

狭いRBWでの掃引測定の場合、測定速度の制限因子は、掃引プロセスから生じるエンベロープまたは振幅の変動に反応するRBWフィルタの能力です。RBWフィルタの応答速度が制限されると、振幅/周波数誤差、周波数ドメインの非対称性、フィルタのシェープ・ファクタの劣化として現われます。これらの誤差は、指定したRBWフィルタに対する掃引時間が減少する(掃引が高速化になる)と増加します。

従来の掃引スペクトラム・アナライザでは、RBWフィルタの掃引速度を制限することによって、こうした掃引誤差が既知の値内に保たれています。RBWフィルタの応答誤差は、RBWの2乗で変化するので、RBWが減少すると劇的に低下します。ガウシアン・フィルタは(同レベル信号の)選択度に優れ、掃引/応答時間が比較的高速なので、掃引スペクトラム・アナライザではガウシアン・フィルタが最もよく使用されています。

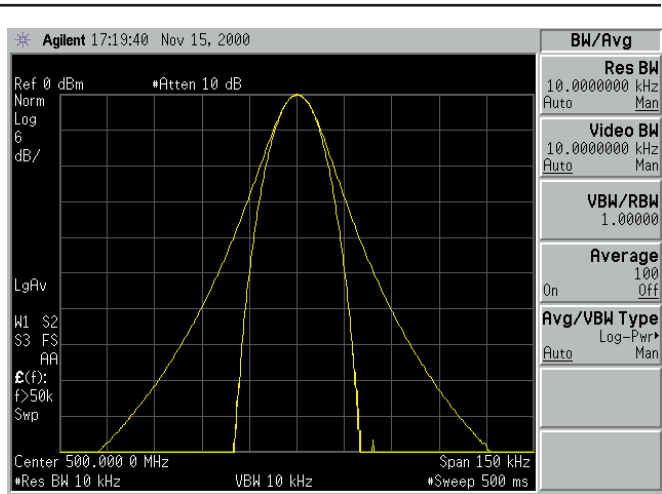
表1

狭い周波数スパンの掃引時間(代表値)。周波数スパンが減少すると、急激に掃引時間が増加することを示しています。

周波数スパン	RBW	掃引速度	掃引時間
100kHz	1kHz	500kHz/s	0.2s
10kHz	100Hz	5kHz/s	2s
1kHz	10Hz	50Hz/s	20s

図3:

PSAシリーズでは、デジタルRBWフィルタのシェープ・ファクタが改善され、同じRBW値に対してより高い周波数分解能が得られます。



掃引速度と掃引により生じる誤差との望ましい妥協点は、以下の掃引速度で実現されます。

$$\text{掃引速度} = 0.5 \times \text{RBW}^2 \text{ [Hz/s]}$$

注記：一部のアナライザ (PSAシリーズ以外) では、(この代表的な掃引速度での) 掃引のRBWフィルタに対する影響が、振幅仕様に完全には含まれていない場合があります。6ページの「掃引の高速化と掃引速度の影響の補正」を参照してください。

多くの測定では、周波数スパン対RBWの関係が、以下の式で近似できます。

$$\text{スパン/RBW} = 100$$

表1は、この式と前の式を組み合わせると、周波数スパンを狭めると掃引速度を遅くする必要があることを示しています。

同様に、1MHzの周波数スパンをカバーし、低いDANLを実現するために100HzのRBWフィルタを使用するスプリアス信号サーチには、200sの掃引時間が必要となります。

しかし、デジタル・フィルタを使用して、これらの制限を改善する方法があります。掃引の影響はアナログ・フィルタとデジタル・フィルタの両方に見られますが、デジタル・フィルタでは、アナログ技術では得られなかったフィルタの形状と特性をDSPを使って実現することができます。



PSAシリーズのデジタルIFフィルタの特性の改善は、以下のように要約できます。

- フィルタのシェープ・ファクタの改善により、すべてのRBW設定で選択度が向上
- RBWと掃引時間のトレードオフを最適化するために、RBWをより細かく(10パーセント)増分可能
- 予測可能なダイナミック特性(エンベロープの変動に対する応答時間)により、掃引速度に起因する振幅/周波数誤差を正確に補正可能

例えば、PSAシリーズのRBWフィルタは通常、形状はガウシアンですが、スペクトラム・アナライザのアナログ・フィルタの代表的な11:1に比べて、4.1:1という改善されたシェープ・ファクタ(60dB帯域幅対3dB帯域幅の比)を持っています。図3に例を示します。

この改善されたシェープ・ファクタが最も有効に機能するのは、大きく異なる振幅の信号を測定する場合です。従来のアナログRBWフィルタと比べて、より広い(より高速で掃引する)RBW値を選択できます。

デジタル・フィルタのRBWの柔軟性により、PSAシリーズでは、RBWと測定速度のトレードオフの最適化も容易です。アナログ・フィルタの代表的な1-3-10のRBWシーケンスではなく、PSAシリーズのデジタル・フィルタは10パーセント増分に変更できます。これにより、ユーザは、適切な分解能と可能な限り最高の掃引速度が得られるRBW値を選択することができます。

## 掃引の高速化と掃引速度の影響の補正

一部のスペクトラム・アナライザでは、RBWフィルタに対する掃引の影響が振幅仕様で完全には記述されていません。このため、仕様の振幅精度は、掃引時間を「auto」に設定したときに内蔵カップリング・アルゴリズムで自動的に選択される掃引時間より、2~4倍遅い場合にのみ実現される可能性があります。

PSAシリーズの動作は、この点で異なっています。まず、振幅測定に対する掃引速度の影響は、非常に正確に補正されます。ただし、PSAの精度仕様は前モデルに比べて非常に厳

しいので、補正が十分でないと精度が低下します。この問題を解決するために、PSAには、掃引時間の自動設定ルールを制御するキーがあります。この「Auto Sweep Time」キーは、Norm(ノーマル)またはAccy(高精度)位置に設定できます。Norm設定では、RBWおよびVBWフィルタを掃引する際の補正前誤差が0.5dBに制限され、補正後誤差が0.05dB以下(代表値)になります。Accy設定では、補正前誤差が0.025dBで、補正により、これらの誤差は振幅精度仕様の全誤差量に対して無視できる割合まで減少します。

PSAシリーズのデジタルRBWフィルタはリニア位相であり、予測可能で、安定した、再現性の高いダイナミック特性を備えています。このため、これらのフィルタにより掃引はさらに高速化し、掃引速度は通常、以下の式で求められます。

$$\text{掃引速度} = 0.8 \times \text{RBW}^2$$

掃引速度が速くなるほど、振幅誤差は増加します。例えば、前の式では0.5dBの補正前振幅誤差があります。ただし、アナログ・フィルタの誤差とは対照的に、デジタルRBWフィルタの誤差は正確に補正または補償できます。このため、PSAシリーズのより速い掃引速度では、追加の誤差がないだけでなく、正確な補正を

行うと誤差は減少します。上記の「掃引の高速化と掃引速度の影響の補正」を参照してください。

掃引解析の一部の制限は、アナログまたはデジタルRBWフィルタの使用とは関係ありません。例えば、非常に広い周波数スパンでの測定時間は、局部YIG同調発振器またはYIG同調プリセレクション・フィルタの掃引可能速度に依存します。これは通常、3GHzを超えるスパンで考慮する必要があります。

## FFT方式と掃引方式の速度

FFT解析の第1の利点は、狭いRBWと比較的広い周波数スパンが必要な測定での測定速度です。FFT処理は、数百のRBWフィルタの並列動作としてモデル化することができます。このため、フィルタのセトリング時間は同じですが、すべてのフィルタのセトリングが同時に行われるので、測定時間が短縮します。表2に例を示します。

表2からわかるように、RBWが減少しても、(単一RBWフィルタの掃引時の)RBWの逆二乗ではなく、掃引時間がリニアに増加しています。

したがって、狭帯域解析の場合、FFTでは、速度を上げるために多数の周波数を同時に解析します。しかし帯域幅が広がると、計算のオーバーヘッドが大きくなり、並列動作の利得を超え(効果が減少)始めます。その結果、広い周波数スパンの解析では、FFT解析の速度が掃引方式よりも大幅に遅くなる可能性があります。

FFT解析は、FFT解析を使用しなければ掃引時間が許容できないほど長くなってしまいう狭帯域解析に非常に有効です。一部の測定におけるFFT解析の利点として、「スナップショット」の性質があります。スナップショットでは、スペクトラム表示の結果が、1回の時間(時間レコードまたは収集時間)内の周波数スパン全体の解析を表します。1回の掃引測定の時間内に特性が大きく変わる可能性のあるダイナミック信号では、この方法により、信号に関する追加の情報が得られることがあります。

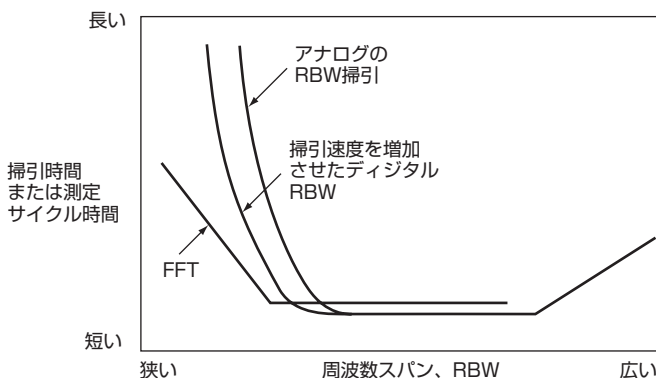
表2

PSAシリーズにおける狭い周波数スパンでのFFT解析の測定時間(代表値)  
代表的なスペクトラム・アナライザの掃引時間を $RBW^2/2$ の列に示します。

周波数スパン	RBW	PSAの測定時間	代表的なアナライザの掃引時間 ( $RBW^2/2$ )
100kHz	1kHz	15ms	0.2s
10kHz	100Hz	31ms	2s
1kHz	10Hz	196ms	20s

図4:

FFT解析と掃引解析の測定速度の概念的な比較。従来の掃引速度と、デジタルIFフィルタと掃引速度の影響の補正機能を使って可能な限り高速化した掃引速度を示しています。



## FFTと掃引解析の最適な組み合わせ

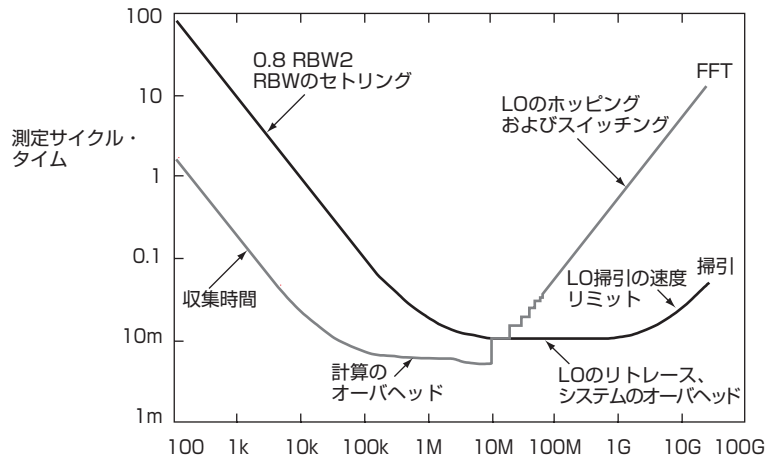
前述したFFT解析と掃引解析の利点を組み合わせれば、より優れた測定が可能になります。ダイナミック・レンジと速度の両方が必要な場合は、複数のより狭いFFTを連結して単一の周波数スパンを構築すれば、フィルタリングとオートレンジングによるダイナミック・レンジの利点を、FFT方式の速度と組み合わせることができます。この結果は、掃引方式のダイナミック・レンジとFFT解析の速度を統合したものになります。

マルチFFTを使用すると、2つ以上のFFTの結果が連結され、指定したスパンのスペクトラムが得られます。この場合、各FFTの中心周波数が1つの周波数から次の周波数に切り替わる、すなわち「ホップ」する必要があります。

### マルチFFT測定のダイナミック・レンジ

単一の周波数スパンをカバーするためにマルチFFTを使用する場合は、各FFTセグメントに対してフィルタリングとオートレンジングを使用することにより、ダイナミック・レンジを向上できます。例えば、単一周波数スパンをカバーするために10個のFFTを使用する場合、フィルタの帯域幅をシングルFFTの場合の値の1/10に設定することにより、ダイナミック・レンジを大幅に向上できます。同様に、10個のFFTにより、測定対象の周波数スパンでスペクトラムの振幅をトラッキングするためにオートレンジングが10回必要になります。レンジが変化するたびに、ダイナミック・レンジを許容可能なレンジ変化の量だけ増加できます。

図6：  
PSAシリーズの異なる  
測定タイプに対する  
測定サイクル時間の比較



### マルチFFT測定の測定速度

マルチFFT測定の測定速度は、シングルFFTの場合ほど速くはありません。しかし、狭いRBWでのFFT解析による速度の利点は非常に大きいので、マルチFFTによって速度が減少しても、多くの場合全体として速くなります。

各周波数スパンに対してマルチFFTを使用する場合は、全体の測定速度は、データ収集時間、処理時間、LOのスイッチング時間などの複数の因子によって決まります。狭帯域解析の場合、データ収集時間は約1.83/RBWです。したがって、掃引速度は、各FFTの掃引速度とFFTの数の積によって求められます。

この方法は、狭い周波数スパンでの掃引解析より高速です。図6は、相対的な測定速度(測定サイクル時間として表示)を示しています。

図6のグラフで、FFT解析曲線の平らな部分は、プロセッサのオーバーヘッドとLOの周波数スイッチングに起因するFFTの計算時間を表しています。グラフの右側の勾配部分は、広い周波数スパン内での中心周波数のスイッチングに必要な時間を表しています。この領域を支配しているのはLOのセトリング時間です。これらの因子を、より高速な掃引速度、および掃引速度の影響の補正機能を備えたPSAシリーズでの掃引測定の測定速度と比較しています。6ページの「掃引の高速化と掃引速度の影響の補正」を参照してください。

$$\text{掃引速度} = \frac{\text{周波数スパン}}{(\text{FFTの数/スパン}) \times (1.83/\text{RBW} + \text{LOのホップ時間})}$$

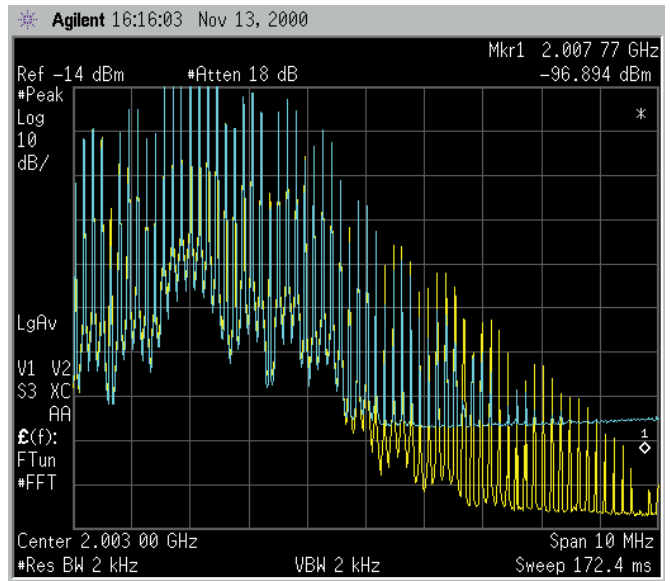


## 掃引タイプの自動選択

PSAシリーズのオートカップル・モードでは、アナライザが自動的に掃引タイプを選択します。ユーザは、ダイナミック・レンジと測定速度のどちらかを優先するかを選択でき、それにより最適化アルゴリズムが決まります。速度の最適化を選択した場合は、アナライザによるFFTまたは掃引解析の選択は、分解能帯域幅を基に行われます。通常、アナライザは、RBWが10kHz未満の場合はFFT解析を選択し、RBWが10kHz以上の場合は掃引解析を選択します。

ダイナミック・レンジの最適化を選択した場合は、アナライザは、FFTのダイナミック・レンジに影響がなければ、自動的に掃引解析を選択します。したがって、RBWが200Hz以下の場合はFFT解析が選択され、選択した周波数スパンをカバーするために使用するFFTの数に関してさらに選択を行います。FFTの数/スパンの自動選択は、各FFTの帯域幅が5kHz以下になるように行われます。掃引解析でもFFT解析でもハードウェアの制限によってフィルタが5kHz以下に制限されるので、FFTがこれらの狭い帯域幅をカバーする場合のフィルタリングは、同様の掃引測定の場合のフィルタリングとほぼ同程度有効です。

図7: 同じパルスRF信号を、掃引(デジタルIF)方式とFFT方式を使用して測定しています。この場合、FFT方式は、シングルFFTを使って周波数スパン全体をカバーしており、この構成によって速度が最大になります。しかし、ダイナミック・レンジでトレードオフが生じるので、ダイナミック・レンジの点では掃引測定が明らかに優れています。



## 掃引タイプの手動選択

速度、ダイナミック・レンジ、確度を最適化するために、掃引タイプを手動で選択することもできます。掃引解析は通常、狭いRBWに対しても最大の確度が得られます。測定速度またはダイナミック・レンジが重要である場合には、以下の測定例で、FFT解析を使用した場合と掃引解析を使用した場合、および選択した周波数スパンをカバーするために使用するFFTセグメントの数の違いによる、性能の変化について説明しています。

図7で、青色のトレース(高い雑音レベルを持つトレース)は、周波数スパン全体をカバーするためにシングルFFTを使用したFFT測定の結果です(FFT数/スパンを1に設定)。黄色のトレース(低い雑音レベル)は、掃引測定から得られた結果です。どちらの測定も同じパルスRF信号のものです。掃引測定のダイナミック・レンジは、FFT測定のダイナミック・レンジよりも明らかに優れています。周波数によっては約20dB向上します。このため、シングルFFTを使った測定では雑音フロアによって通常隠れてしまう部分も、掃引測定で明らかにすることができます。ただし、掃引測定の測定速度は遅く、シングルFFT測定の0.172秒に対して、約3.1秒もかかります。

図8は、図7と同じパルスドRF信号を周波数スパンをカバーするため5個のFFTで測定しています (FFT数/スパンを5に設定)。このFFT測定では、ダイナミック・レンジと測定速度の利点が組み合わせられています。ただし、これらの測定特性はどれも完全には最適化されていません。

PSAシリーズの柔軟な測定選択により、ダイナミック・レンジ、確度、測定速度を組み合わせることで最適性能が得られます。この最適性能については、表3の例に示します。

ダイナミック・レンジと掃引時間の関係は大きな非線形性を示し、マルチFFT測定の場合、掃引時間を少し長くするだけでダイナミック・レンジを大幅に改善できる場合があることがわかります。ここで説明する性能のサンプルを、図9にグラフとして示します。

図8:

図7と同じパルスドRF信号を5個のFFTで測定しています。結果は、掃引解析のダイナミック・レンジとFFT解析(周波数スパンをカバーするためにシングルFFTを使用)の最大速度との妥協点となります。

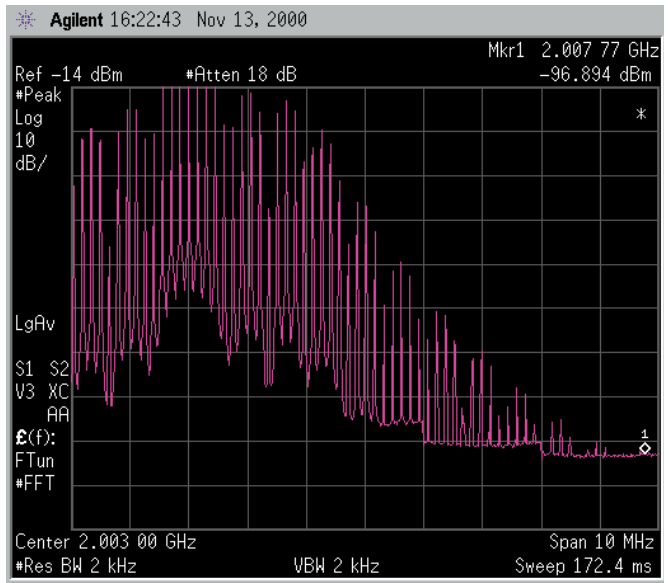


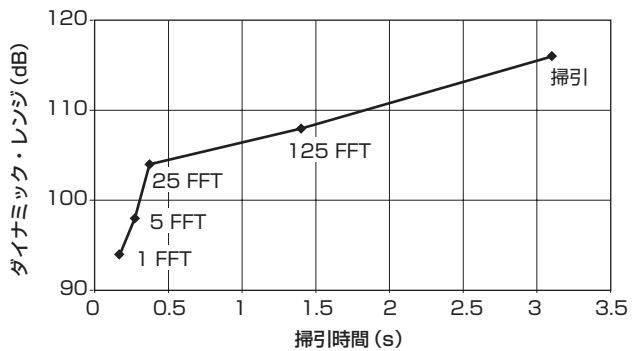
表3

パルスドRF信号測定の掃引時間とダイナミック・レンジの比較

掃引タイプ	ダイナミック・レンジ	掃引時間
掃引	116dB	3.1s
FFT, 25 FFT数/スパン	108dB	1.4s
FFT, 5 FFT数/スパン	104dB	0.37s
FFT, 3 FFT数/スパン	98dB	0.27s
シングルFFT	94dB	0.17s

図9:

PSAシリーズではFFT解析と掃引解析の両方を使用できるので、特定のアプリケーションに対するダイナミック・レンジと測定速度との間の最適なトレードオフが可能です。マルチFFT/スパンを使用したFFT測定では、速度とダイナミック・レンジとの調整が可能です。



## まとめ

PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザにより、測定速度、ダイナミック・レンジ、精度の優れた組み合わせが得られます。特定の測定で最適性能を実現するために、これら3つのパラメータのうちの、1つ以上をトレードオフできる場合があります、PSAシリーズのアーキテクチャはこの最適化をサポートしています。

PSAシリーズでは、掃引解析(掃引スペクトラム・アナライザのデジタルIFセクションを使用)とFFT解析の両方を使用できます。これら2つの解析タイプの利点を最大限に引き出すために、PSAシリーズにはいくつかの重要な技術革新が含まれています。

- 掃引解析、FFT解析、マルチ・セグメントFFTの3つの測定タイプを装備
- 高度な最適化を実現するオートカップリング・アルゴリズムと、ユーザが特定の測定パラメータに焦点を絞ることができる最適化モードの両方を提供
- 手動制御も可能

## 関連カタログ

*Optimizing Dynamic Range for Distortion Measurements*

Product Note

カタログ番号5980-3079EN

*振幅精度*

Product Note

カタログ番号5980-3080JA

*測定の最新機能と利点*

Product Note

カタログ番号5980-3082JA

*Digital Implementation of a Swept Spectrum Analyzer IF Section, Applied Microwaves & Wireless Magazine, December 2000.*

## 仕様

周波数カバレッジ	3Hz~26.5GHz
DANL	-153dBm(10MHz~3GHz)
絶対精度	±0.27dB(50MHz)
周波数応答	±0.40dB(3Hz~3GHz)
表示スケール忠実度	±0.07dB 合計(-20dBm未満)
TOI(ミキサ・レベル-30dBm)	+16dBm(400MHz~2GHz) +17dBm(2~2.7GHz) +16dBm(2.7~3GHz)
雑音側波帯(10kHzオフセット)	-113dBc/Hz(CF=1GHz)
1dB利得圧縮	+3dBm(200MHz~6.6GHz)
アッテネータ	0~70dB、2dBステップ

**Agilent PSAパフォーマンス・  
スペクトラム・アナライザ・  
シリーズの関連カタログ**

PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザ  
Brochure  
カタログ番号5980-1283J

PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザ  
Technical Specifications  
カタログ番号5980-1284J

*Optimizing Dynamic Range for  
Distortion Measurements*  
Product Note  
カタログ番号5980-3079EN

振幅確度  
Product Note  
カタログ番号5980-3080JA

測定の最新機能と利点  
Product Note  
カタログ番号5980-3082JA

シグナル・アナライザ・セレクション・  
ガイド  
Selection Guide  
カタログ番号5968-3413J

*Self-Guided Demonstration*  
Product Note  
カタログ番号5988-0735EN

**保証**

E4440Aには、3年間の保証が付属しています。

詳細については、Webサイトをご覧ください：  
[www.agilent.co.jp/find/psa](http://www.agilent.co.jp/find/psa)

**計測お客様窓口**

受付時間 9:00-19:00  
(12:00-13:00もお受けしています。土・日・祭日を除く)  
FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL ■■ 0120-421-345  
(0426-56-7832)

FAX ■■ 0120-421-678  
(0426-56-7840)

Email [contact\\_japan@agilent.com](mailto:contact_japan@agilent.com)  
電子計測ホームページ  
[www.agilent.co.jp/find/tm](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 2004  
アジレント・テクノロジー株式会社



**電子計測UPDATE**

[www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan](http://www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan)

Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。

**Agilent電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ**

Agilentの電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ製品、ソリューション、デベロッパ・ネットワークは、PC標準に基づくツールによって測定器とコンピュータとの接続時間を短縮し、本来の仕事に集中することを可能にします。詳細については[www.agilent.co.jp/find/jpconnectivity](http://www.agilent.co.jp/find/jpconnectivity)を参照してください。



**Agilent Technologies**

October 5, 2004  
5980-3081JA  
0000-00DEP