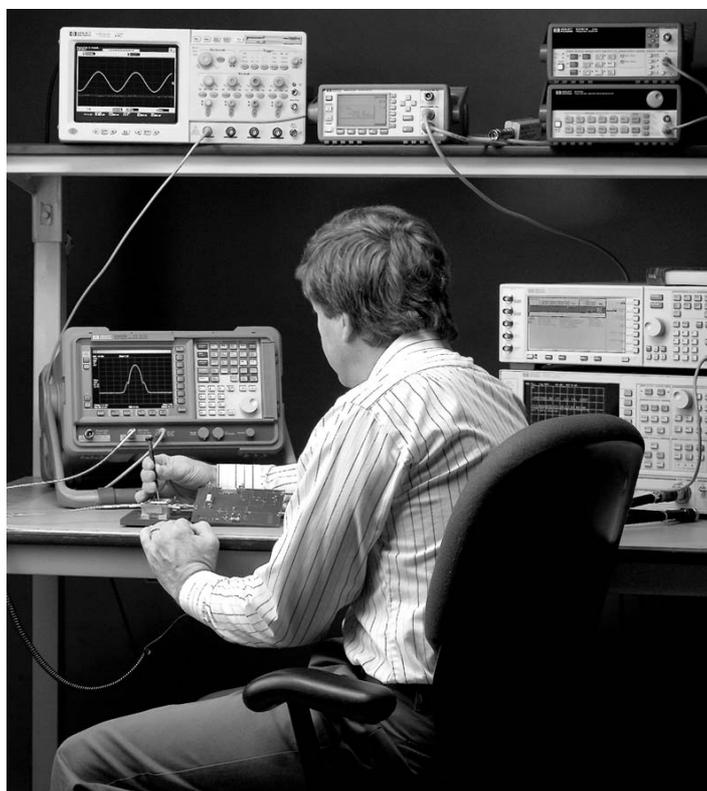


# Agilent AN 1318 スペクトラム・アナライザの 測定速度の最適化

Application Note



Agilent ESA-Eシリーズ



Agilent Technologies

## 速度が問題になる理由

スペクトラム・アナライザの測定速度は、プロジェクトの完了までの時間に大きく影響します。次の例を考えて見ましょう。

- 製造試験エンジニアは、組み立てラインのスループットを最大にするため、速度の最適化を希望しています。測定をすべて終えた後で、結果がGPIB経由でコンピュータに送られるのを待つ必要があります。
- フィールド技術者は、あるサービス場所まで移動して測定と調整を行い、作業終了後に次のサイトに移動する必要があります。しかし技術者は、測定するため、スペクトラム・アナライザのウォームアップを30分間～2時間待つ必要があります。
- プロトタイプを作成した場合、テストを行い、低レベルの高調波や非高調波スプリアス信号による問題をチェックします。こうした低レベル・スプリアスの検出と調査にはノイズ・フロアを下げるため狭分解能帯域幅 (RBW) フィルタを使用し、スペクトラム・アナライザには100秒以上の掃引時間が必要です。

速度が最も問題になる場所を高速にすると、これらの3つの問題すべてを解決することができます。例えば、ウォームアップ時間の短いスペクトラム・アナライザ (Agilent ESA-Eシリーズの場合は5分間) を使用すると、アナライザを使用するために長時間待つという問題を解決できます。バッテリー動作には、高速ウォームアップが不可欠です。以下で説明するように、その他の速度によって他の2つの例に示した遅延も減少できます。

## スペクトラム・アナライザの相違点

上の各例では、データを使用可能な形式でできるだけ速く出力または表示する必要があります。しかしスペクトラム・アナライザは、使用可能な形式のデータを生成するため複数のステップを実行する必要があります。スペクトラム・アナライザの作りはすべて同じではありません。高速表示を特長とするアナライザがあれば、高速GPIBを特長とするアナライザもあります。それぞれのアナライザがこれらの内部ステップをどれだけ速く実行するかを知ることは、問題を理解する上で有効です。また、ニーズに合ったスペクトラム・アナライザを選択する際にも役立ちます。

## スペクトラム・アナライザ速度の構成要素

測定速度の1つの構成要素が、すでに説明したウォームアップ時間です。スペクトラム・アナライザをウォームアップ後の速度は、アナライザの表示や外付けコンピュータに対する測定更新時間によって決まります。測定更新時間は、以下の2つの要素から成ります (図1を参照)。

- 掃引と掃引の間の時間、すなわち「デッド・タイム」。これは、処理オーバーヘッドとI/Oトラフィックから成ります。
- 測定、または収集時間。「掃引時間」とも呼びます。

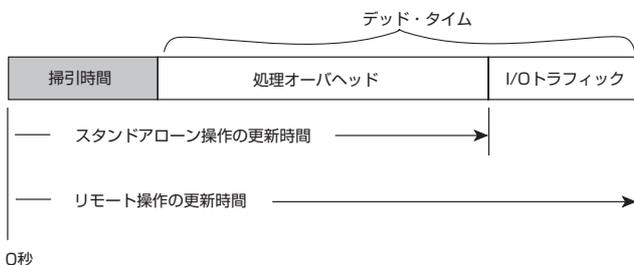


図1. 測定更新時間の構成要素

### 処理オーバーヘッド

処理オーバーヘッドは、スペクトラム・アナライザが作業を実行するためにかかる時間です。タスクには、収集データの表示用フォーマット変換、次回掃引のセットアップ、外付けコンピュータにエクスポートするためのデータの準備などが含まれます。処理オーバーヘッドは、実行されるタスクと共に増加します。

現在、エンジニアは、マーカ、アベレージング、信号トラッキング、隣接チャネル漏洩電力 (ACP) を含め、スペクトラム・アナライザが収集データでより多くの解析を行うことを希望しています。これらの機能によってユーザの作業効率は高まりますが、処理オーバーヘッドが8倍増加するので、スペクトラム・アナライザの速度が低下します。

### I/Oトラフィック時間

リモート操作でのI/Oトラフィック時間が測定更新時間に占める割合は小さいため、コンピュータ速度やインタフェース速度を改善しても測定速度はそれほど変わりません。しかし、処理オーバーヘッドが減少するので、I/Oトラフィック時間は重要なファクタになります。

### 掃引時間

RF/マイクロ波スペクトラム・アナライザは、5 msから数千秒の範囲の掃引時間、 $\mu$ s単位でのゼロスパン掃引で、校正された測定が行えます。掃引時間は、分解能帯域幅 (RBW) フィルタ、周波数スパン、スペクトラム・アナライザのデザインによって異なります。

ガウス・アナログRBWフィルタの場合：

掃引時間 =  $k$  (スパン) /  $RBW^2$ 、ここで $k$  = 比例の定数

この式からわかるようにRBWフィルタ値は二乗されるため、RBWフィルタを10分の1にすると、掃引時間が100倍長くなります。測定を高速化するには、最適なRBWフィルタの選択が重要になります。

最新スペクトラム・アナライザでは、掃引時間を短くするためさまざまなデジタル技術を採用しています。最も有効な技術はFFT (高速フーリエ変換) で、掃引解析の代わりに使用されています。FFTは、信号の時間サンプルを使用してスペクトルを計算します。これを実現するには、高速A/Dコンバータを使用して最後の中間周波数 (IF) をサンプリングします。掃引時間をできるだけ短くするには、FFTの際に、一番狭いRBW (通常 < 1 kHz) に設定したデジタルRBWフィルタを使用します。

表1に、2つのアナライザ、アナログRBWフィルタ付きAgilent 8566B オプション002 (ターボ・オプション) とデジタルRBWフィルタ付きAgilent ESA-Eシリーズ・スペクトラム・アナライザの掃引時間を比較します。

表1. 掃引時間の比較 (スパン = 10 kHz @ 1 GHz)

RBW	8566B オプション002 (アナログ・フィルタ)	ESA-Eシリーズ (アナログ/デジタル・ フィルタ)
1 kHz	300 ms	275 ms (アナログ)
10 Hz	300 s	4.025 s (FFT/デジタル)

この測定では、デジタルRBWフィルタ付きのスペクトラム・アナライザは約80倍高速ということがわかります。

## 分解能帯域幅フィルタの選択 (速度の最適化)

バンドパス・フィルタをテストするために、2個のCW信号の存在を確認する例を見てみましょう。最初の信号は、周波数1 GHzの、2番目の信号より20 dB低い信号です。2番目の信号は、周波数が約240 Hz高い信号です。RBWフィルタを選択するときにエンジニアが考慮する必要がある主要な仕様は、幅（通常、-3 dBポイントで仕様化）と選択度（シェープ・ファクタ）です。RBW選択度（図2を参照）は、-60 dB時のフィルタ幅と-3 dB時の幅の比です。フィルタがシャープであるほど、選択度が小さくなります。

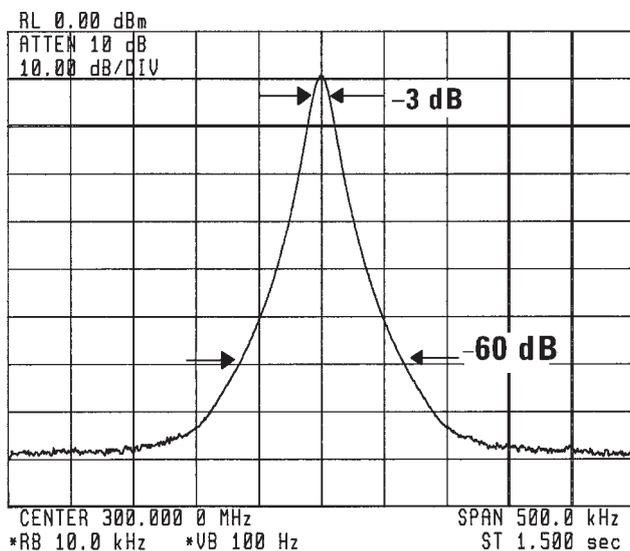


図2. RBW選択度は、-60 dB時の幅と-3 dB時の幅の比です。

図3に、300 HzのアナログRBWフィルタを使ったときのバンドパス・フィルタの出力を示します。選択したフィルタの幅が広いため、最大信号しか識別できません。近接する2つの信号を分離するには、RBWフィルタを少なくともそれらの信号の間隔まで狭くする必要があります。

図4に、100 HzのアナログRBWフィルタを使ったバンドパス・フィルタ出力を示します。選択したRBWフィルタが十分狭いため、1つの信号から240 Hz離れたもう1つの信号を分離できますが、アナログRBWフィルタの選択度15:1が大きすぎます。小さい方の1 GHz信号が大きい方の信号のスカートの下に隠れるので、信号を表示できません。この結果、さらに狭いRBWフィルタが必要となります。

図5は、30 HzのRBWフィルタの例です。必要とされる10 dB以上のマージンで2個の信号を分離できますが、掃引時間の点で不利になることがわかります。この例では、測定時間は16.7秒です。

図6と図7に、同じ測定を選択度<5:1のデジタルRBWフィルタを使った場合を示します。<5:1の選択度により、100 Hz RBWフィルタを使用しても小さい方の1 GHz信号を明確に識別することができます。デジタルRBWフィルタ付きスペクトラム・アナライザを使用すると、測定時間は400 msで（40倍以上高速に）測定できるため、潜在的な製造ボトルネックを除去できます。これは掃引時間を短縮する方法の一例で、より重要なスループットの問題には対処していません。スループットの場合、処理オーバーヘッドも考慮する必要があります。

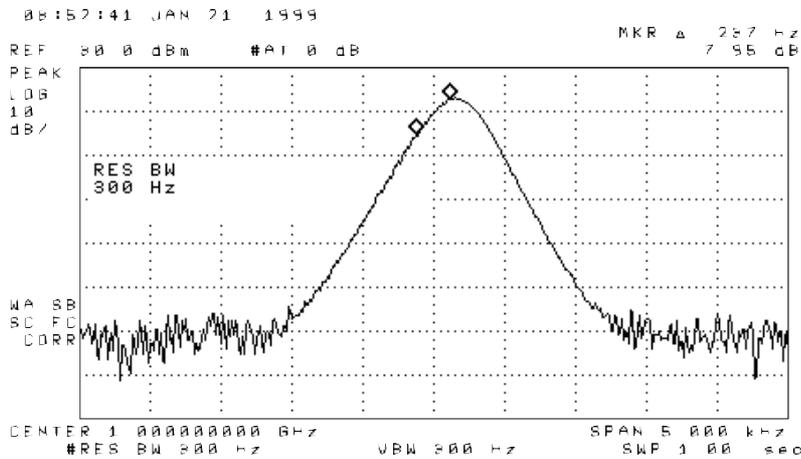


図3. 300 HzのアナログRBWフィルタ

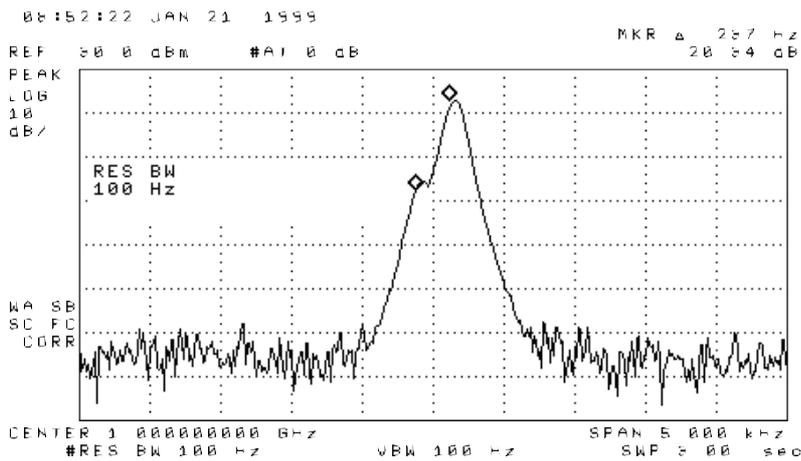


図4. 100 HzのアナログRBWフィルタ

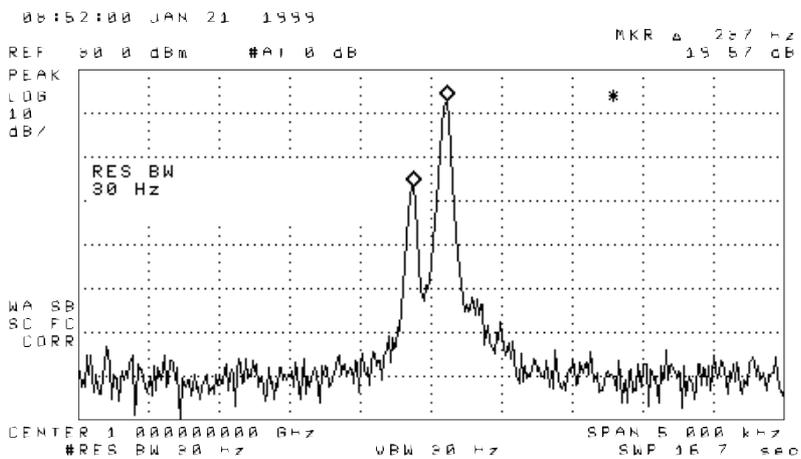


図5. 30 HzのアナログRBWフィルタ

注記：図3、図4、図5は、オプションの狭アナログRBWフィルタ付きAgilent 8594Eを使った測定です。

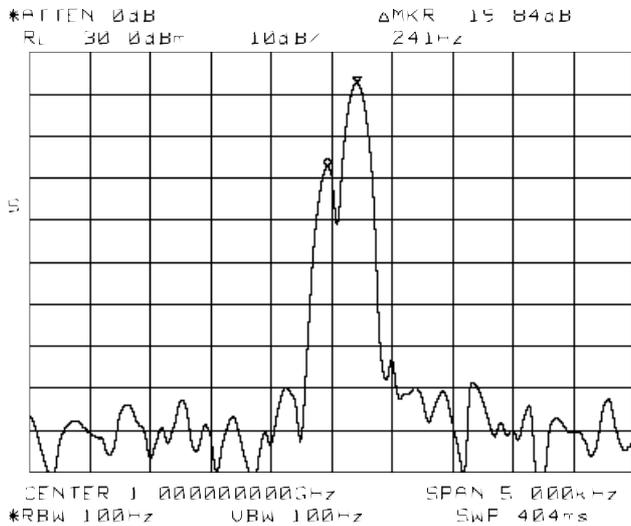


図6. 100 HzのデジタルRBWフィルタ

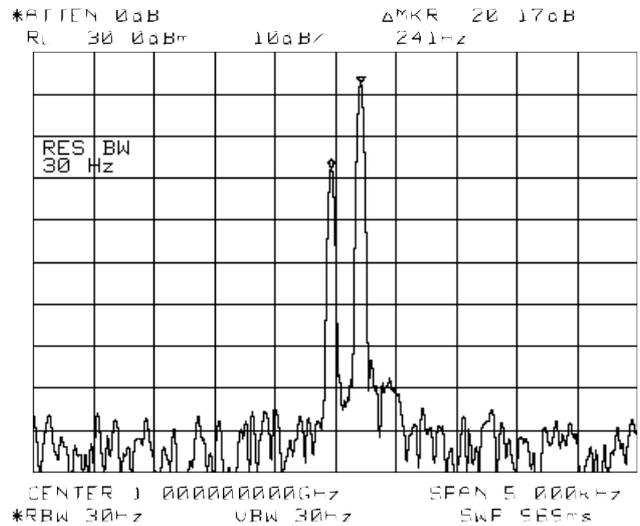


図7. 30 HzのデジタルRBWフィルタ

**注記：**図6と図7は、オプションの狭デジタルRBWフィルタ付きAgilent 8563Eを使った測定です。

### 操作モード

ここでは、スペクトラム・アナライザの2つの最も一般的な使用方法である、スタンドアローンとリモート操作（外付けコンピュータによる制御）について調べます。これにより、測定を高速化する上で速度のどの構成要素（掃引時間または処理オーバーヘッド）が重要であるかを理解しやすくなります。

### スタンドアローン

スタンドアローンは通常、オペレータが1つ以上の信号を解析するとき、またはコンポーネントを指定値に調整するときに使用します。この手動モードでは、瞬時の応答が要求されます。瞬時応答を実現するには、25~30測定/秒（表示のリフレッシュ・レート）の更新レートが必要です。これにより、手動調整とスペクトラム・アナライザの更新表示間の時間遅延が最小になります。最新のRF/マイクロ波スペクトラム・アナライザでは、小さい処理オーバーヘッドと短い掃引時間により、ちらつきのない性能を実現しています。現在は製造が中止されているターボ・オプション付きのAgilent 8566Bは、1991年の導入以来、スペクトラム・アナライザの速度ベンチマークとなっています。比較にはこれを使用します。

スタンドアローン（コンピュータやプリンタへのデータ転送なし）の場合、以下の式で1秒あたりの測定更新を求めます。

$$\text{測定更新レート} = 1 / (\text{掃引時間} + \text{掃引間隔時間})$$

表2は、Agilent 8566BとAgilent ESA-Eシリーズ・スペクトラム・アナライザの更新レートを比較したものです。新しいアナライザは処理オーバーヘッドが大きいものの、最近の技術発展のおかげで掃引時間が短くなり、更新レートが増加しています。

表2. 測定更新レート（スタンドアローン）

中心周波数=1GHz 周波数スパン=300 MHz RBWフィルタ=3 MHz	8566Bオプション002 スペクトラム・ アナライザ	ESA-Eシリーズ・ スペクトラム・ アナライザ
掃引時間	20 ms	5 ms
処理オーバーヘッド	23 ms	30 ms
測定更新レート	~23 更新/s	~28 更新/s

### リモート操作

スペクトラム・アナライザはコンピュータ制御のもとで、スタンドアローンに必要な処理のほとんどと、その他にエクスポート用のデータ・フォーマットへの変換を行います。この追加処理時間により、更新レートが大幅に低下します。スペクトラム・アナライザは振幅データをさまざまなフォーマットで提供でき、表示スケーリング情報の処理オーバーヘッドとのトレードオフが発生します。処理オーバーヘッド時間の一番短いフォーマットを選択すると、スループットを2倍以上にすることができます。

### 作成されるデータの違い

スペクトラム・アナライザはGPIBで、マシン単位（M単位、1 dBmの1000分の1）と表示単位（表示セットアップを基準にスケール）の2つのフォーマットを送信します。これらの振幅値は、測定掃引のスパン内の各ポイントを表します。振幅ポイントは8、16、32、64ビット長で、指定された分解能に依存します。1掃引内の周波数ポイントの数は、201、401、801、1001などです。更新レートに影響を与えるバイトの数は、以下の式で求めることができます。

$$\text{送信バイト} = (\text{バイト/ポイント}) \times \text{ポイント数}$$

画面の注釈表示が必要な場合、追加処理が必要です。

### 使用すべきフォーマット

速度が優先されるATE（自動テスト機器）環境ではマシン単位（バイナリ）を使用すると、処理オーバーヘッドが小さいので高速に結果が得られます。テスト条件と測定器セットアップはテスト・ソフトウェア・アプリケーションによって示されているため、表示スケーリングと測定器の注釈表示は余分です。GPIB速度が問題にならない場合は、表示単位（A単位、ASCIIまたはバイナリ）を使用することができます。

表3に、同じ2つのアナライザのGPIBによる更新レートを比較します。

表3. ATE更新レート

	8566Bオプション002	ESA-Eシリーズ
マシン単位	15.1 更新/s	>19 更新/s
表示単位 (ASCII)	5.6 更新/s	7.2 更新/s

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、E-mail、Webは24時間受け付けています。**

TEL ■■■ 0120-421-345  
(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678  
(042-656-7840)

Email 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 2006

アジレント・テクノロジー株式会社

## まとめ

新しい高速製造ラインの設置、フィールドでの送信機測定、新しい低雑音アンプのデザインを行う場合、スペクトラム・アナライザの速度が生産性に大きく影響します。新世代スペクトラム・アナライザは高速であるため、スペクトラム解析がテスト処理のボトルネックとなることはありません。

詳細については、『スペクトラム解析の基礎』（カタログ番号5952-0292JAJP）を参照してください。



Agilent Technologies

April 24, 2006  
5968-3411JAJP  
0000-00DEP