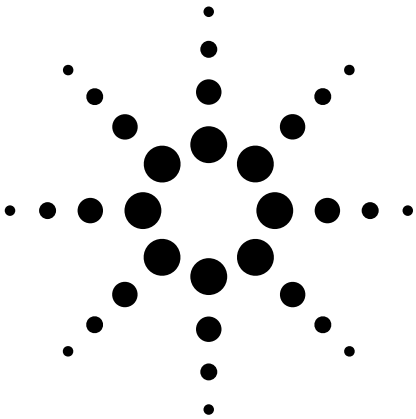
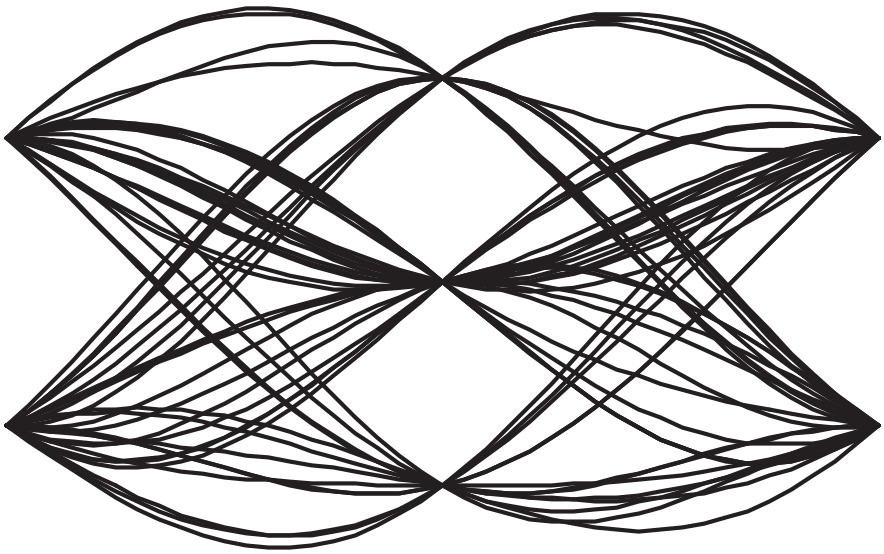
10

パーフェクトなディジタル復調測定のための10ステップ

Product Note 89400-14A





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

以下の手順は、**Agilent Technologies** 89400を設定して、各種のディジタル変調信号の復調と特性評価を行うためのガイダンスとして推奨するものです。重要な設定パラメータをすべて正しくプログラミングするために、番号に従って手順を実行してください。

被試験信号に対してアナライザの中心周波数とスパンを設定します（ベクトル・モード）。

ヒント：アナライザの中心周波数と入力信号は、シンボル・レートの±3%（64QAMの場合は±1%、256QAMの場合は±0.2%）以内でなければなりません。

確認：信号のスペクトラムがスパンの50～90%を占め、スパン外にないことを確認してください。このスペクトラムは、アナライザのノイズ・フロアより20dB以上大きく、ノイズと区別できるものでなければなりません。側波帯が広がっていて、グリッチがある場合は、バーストその他のトランジェントを示しています。この場合は、トリガまたはパルス・サーチ機能を使って処理できます。これらの手順については、ステップ3および8に記載します。

過負荷にならない範囲で入力レンジをできる限り低く設定します。

ヒント：緑の入力LEDはオン/オフのいずれでもかまいません。ただし、黄色のオーバーレンジLEDはオンにならないようにする必要があります。

確認：1段階ずつレンジを下げてください。過負荷になると、過負荷インジケータがオンになります。

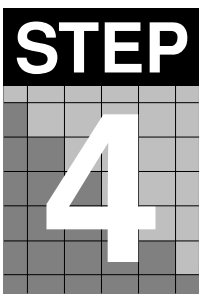
必要に応じて、トリガを設定します。

ヒント：トリガは、ほとんどの信号には必要ありません（下記の、89400内蔵の任意波形信号源の使用法に関する注記を参照してください）。

TDMAおよびその他のバースト信号に対しては、（ステップ8でアクティブにする）トリガではなく、パルス・サーチを使用してください。それ以外の場合は、実際の被試験信号の特性に従って、通常のオシロスコープ設定項目であるトリガ・モード、レベル、遅延、ホールドオフ、およびアーミングを選択します。

ヒント：[トリガ]メニューが選択されている場合は、[メイン・タイム：振幅]画面に、入力波形に重なって現在のトリガ・レベルが水平カーソルとして表示されます。

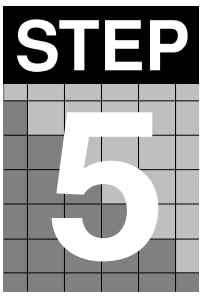
確認：トリガを使用している場合は、タイム・ドメイン画面に表示される安定信号がタイム・スパンの50%を超えていることを確認してください。



ディジタル復調モードを選択します。

ヒント：このモードでは、前回のディジタル復調測定の設定が保持されることに注意してください。たとえば、前のシンボル・レートの設定が現在の周波数スパンと合わないと、アナライザにより周波数スパンが自動調整される可能性があります。

確認：ステップ1で設定した周波数スパンが変わっていないことを確認してください。



復調設定で、正しい変調フォーマットを入力します。

ヒント：変調フォーマットが分かっていれば、この手順は簡単です。不明の信号フォーマットを割り出すのは難しく、熟練した専門技術を必要とします。

正しいシンボル・レートを入力します。

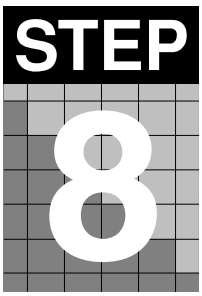
ヒント：シンボル・レートは、10～100ppmの確度で入力します。

ヒント：シンボル・レートが不明の場合、これを割り出すのは困難ですが、信号のAM復調を行って、復調スペクトラムの上限を離散信号のシンボル・レートと見なす方法が有効な場合があります（アベレージングを使用する方が簡単です）。また、信号の3dB帯域幅は、シンボル・レートとほぼ等しいことにも注意してください。（どちらの方法でも、必要な確度は得られませんが、この結果から実際の数値を思い出す手がかりがつかめます。）

必要な画面でresult lengthとシンボル間のポイント数を選択します。

ヒント：バーストの前後のデータ信号を含める（つまり、ノイズも復調される）のは望ましくないため、result lengthはバースト信号には重要です。

ヒント：シンボル間のポイント数が多いほど、（アイ・ダイアグラムやエラー・ピークなどを表示する場合に）シンボル間の波形がより詳細まで明らかになります。また、シンボル間のポイント数が少ないほど、1回の測定で復調できるシンボル数が多くなります（注意：result length×シンボル間のポイント数は、最大タイム・ポイント数よりも常に小さくなければなりません）。



パルス・サーチをオンにして、サーチ長を設定します(バースト信号のみ)。

ヒント：最大サーチ長は、タイム・レコードの数十倍にもなることがあります。最大サーチ長を、バースト“オフ”タイムにバースト“オン”タイムの2倍を加えた値に設定して、サーチごとにバーストが完全に表示できるようにしてください。

ヒント：必要に応じて、ここで“同期サーチ”機能を設定することをお勧めします。この機能の詳細については、オンライン・ヘルプを参照してください。

フィルタ形状とアルファを選択します

ヒント：適切なフィルタを選択するために、以下のことに留意してください。“測定”フィルタは目的の受信機をシミュレートする必要があります。一方、“基準”フィルタは、送信機および受信機のフィルタの積に等しくなります。

ヒント：アルファが不明の場合は、（60dB BW/3 dB BW） - 1を概算値として使用します。シンボル間にEVMピークがある場合は、アルファが間違っていることを意味しますが、通常、EVM%表示値には影響しません（GSMを除く）。最悪の場合、0.3から始めて、シンボル間のピークが最低になるように数値を手動調整してください。

最終確認を行います。

以下のことを確認してください。

- アイ・ダイアグラムとコンスタレーション・ダイアグラム両方または一方の全体的な形状は規則的で安定していること（個々のシンボルのノイズが大きい場合でも、特性形状が識別できなければなりません）。アイ・ダイアグラムの開き方は、画面のセンタ・ラインと正確に合っている必要があります。合っていない場合は、“クロック・アジャスト”を調整して、中央（EVMが最も低い位置）に合わせてください。

- データ・テーブル画面で、EVM%表示値は測定のたびに変動することがほとんどないこと。

- シンボルに対するEVMのトレース波形はノイズが多くてもよいが、ほぼ均一であること（ショート・ピークは問題ありません）。EVMトレース波形に傾斜またはV型の分布などの急激な変化があると問題が発生している可能性があります。問題がある場合は、アナライザのオンライン・ヘルプの「ディジタル復調に関するトラブルシューティング」を参照してください。

89400任意波形信号源を使用する場合の手順

89400内蔵の任意波形信号源により作成された信号の復調には、“実際の”信号には見られない制約条件が伴います。この原因は、任意信号が連続的ではなく、波形が終了してもう1度開始するときに、折り返しが発生し、任意信号が振幅、位相、およびタイミングまたはこのいずれかが不連続となることにあります。したがって、上記のステップに加えて、常に以下の手順を実行する必要があります。

- トリガ・タイプを内部ソースとします。

- 正のトリガ遅延を設定して、波形の最初の5～10のシンボルを避けます。

- 任意波形の持続時間よりも短いresult lengthを選択します（復調がアンロックになるまでresult lengthを増加させて、経験的に任意波形の長さを決定できます）。

エラー・ベクトル振幅測定を使用したベクトル変調信号の解析およびトラブルシューティング

エラー・ベクトル振幅(EVM)測定を行うと、ディジタル変調信号の性能を詳しく解析することができます。EVMと関連の測定を正しく行うことで、信号劣化の原因のタイプを正確に特定でき、また、劣化の発生源の特定にも役立ちます。このガイドでは、89400ベクトル・シグナル・アナライザのEVM測定の基礎について確認し、一般的な手順を概説します。この手順によって、信号に関する最も分かりにくい問題でさえ、方法論的に突き止めることができます。

今日のディジタルRF通信システムを構成するさまざまな技術は、1つの共通の大きな目標を共有しています。その目標とは、ディジタル・ビット・ストリームをRF搬送波信号に乗せ、受信した信号からこのビット・ストリームを正確で信頼性のある効率的な方法で復元することです。この目標を達成するには、開発の工数と専門技術のほか、RFシステムの性能に対する緻密な解析も要求されます。

89400などのベクトル・シグナル・アナライザを使用すると、時間、周波数およびモジュレーション・ドメイン解析により、上記の解析を行うことができます。これらのアナライザは信号をベクトル（振幅および位相）形式で処理するため、ディジタルRF通信に使われる複雑な変調フォーマットにも容易に対応できます。また、おそらく最も重要なことは、これらのアナライザが、“エラー・ベクトル振幅”（EVM）と呼ばれる比較的新しいタイプの測定に有効であるということです。

最も重要なことは、信号品質の測定尺度であるEVMは、ディジタル変調信号の性能指数を分かりやすく定量化するとともに、信号の劣化や歪みの基本的な原因を発見し、それに対処するための幅広い手法を与えます。EVM測定は広く受け入れられ、急速に発展しつつあります。GSM[1]、NADC[2]、PHS[3]などの重要なシステムの標準には既に記述されていますが、ディジタル・ビデオ伝送などの今後の標準のいくつかにも取り入れられる予定です。このガイドでは、エラー・ベクトル振幅とそれに関する測定について記載し、その具体的な実施方法と、それらが現実にディジタルRF通信の設計にどのように応用されているかについて説明します。

1 Global System for Mobile Communications
2 North American Digital Cellular
3 Personal Handyphone System

エラー・ベクトル振幅について

EVMの定義

まず、ベクトル変調の基本について再確認します。データ・クロックのパルスの遷移部分で搬送波が*IQ*平面の特定位置のいずれかを占めるように搬送波の振幅と位相を変化させることで、ディジタル・ビットがRF搬送波に乗って伝送されます。各位置で、特定のデータ・シンボルがコード化されます。このデータ・シンボルは、1つまたは複数のデータ・ビットから成ります。コンスタレーション・ダイアグラムには、許容されるすべてのシンボルの有効な位置（搬送波に対する振幅や位相など）が表示されます。この位置は、（シンボル間の送信データ・ビット数をnとすると）2^n個でなければなりません。したがって、入力データを復調するには、各クロックの遷移部分で入力信号の振幅と位相を正確に判定する必要があります。

コンスタレーション・ダイアグラムの表示と理想的なシンボル位置は、一般に、選択した変調フォーマット（BPSK、16QAM、π/4 DQPSKなど）によって決まります。シンボル位置間で信号がたどる軌跡は、特定のシステム構成の関数ですが、容易に計算することができます。

どの瞬間においても、信号の振幅と位相を測定することができます。これらの値により、実際の、つまり“測定”フェイザが定義されます。同時に、これに対応する理想的な、つまり“基準”フェイザを計算でき、送信されたデータ・ストリーム、シンボル・クロックのタイミング、ベースバンド・フィルタリングのパラメータなどが分かります。これら2つのフェイザ間の差が、このガイドで説明するEVM測定の基礎です。

図1は、EVMといくつかの関連用語の定義です。図から分かるように、EVMは2つのフェイザの終点間のスカラ距離（ベクトル差の振幅）を示します。別の言い方をすれば、これは、理想的な信号を測定信号から差し引いた後の残留ノイズと歪みを示します。通常、EVMは、一般にコンスタレーションのコーナ・ステートで定義されるピーク信号レベルのパーセンテージで示します。エラー・ベクトルには、それに関連する位相値がありますが、この角度は一般にランダムになります。この理由は、この角度が、エラー自身（ランダムの場合とランダムでない場合がある）と、コンスタレーション上のデータ・シンボルの位置（実用目的のため、ランダムである）の両方の関数であるためです。より有用な角度は、実際のフェイザと理想的なフェイザ間の角度（*I-Q*位相エラー）です。これについては後ほど、信号に関するトラブルシューティングに役立つ情報を含めて記載します。同様に、*I-Q*振幅エラーは、実際の信号と理想的な信号間の振幅の差です。

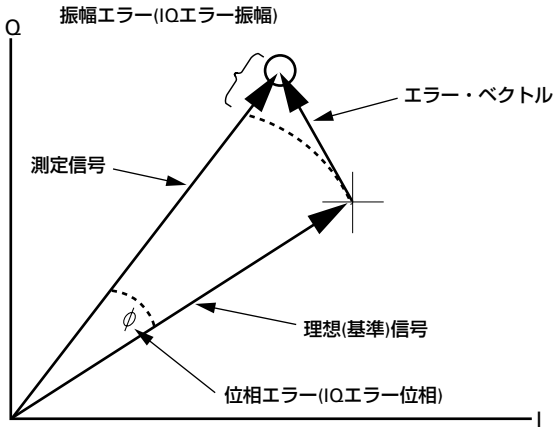


図1．エラー・ベクトル振幅（EVM）およびこれに関連する用語

EVM測定の実行

EVM測定を構成する一連のステップを図2に示します。89400ベクトル・シグナル・アナライザはこれらのステップを自動的に実行しますが、基本的な処理を理解しておけば、測定の設定と最適化に役立ちます。

ステップ2. 基準波形の再生成

次に、復元されたデータ・ビットを使って、理想的な基準入力信号が作成されます。これは、高性能のDSPを使って、ノイズがなく確度の高い波形を計算することによりディジタル的に実行します。

ファイナル・ノート

このアナライザのADCは入力信号を非同期でサンプリングするため,一般に、正確なシンボル・タイムで実際に測定されたデータ・ポイントを出力しません。しかし、入力ADCサンプルに適用される特殊なリサンプリング・アルゴリズムにより、全く新しい、正確な“仮想サンプル”が生成されます。これらのサンプルのレートとタイミングは、受信シンボルと正確に同期がとられています。(これについては、最初に標準のベクトル・モード、次にディジタル復調モードで、入力波形のタイム・サンプル間隔を観測することにより、89400上で容易に確認できます)。

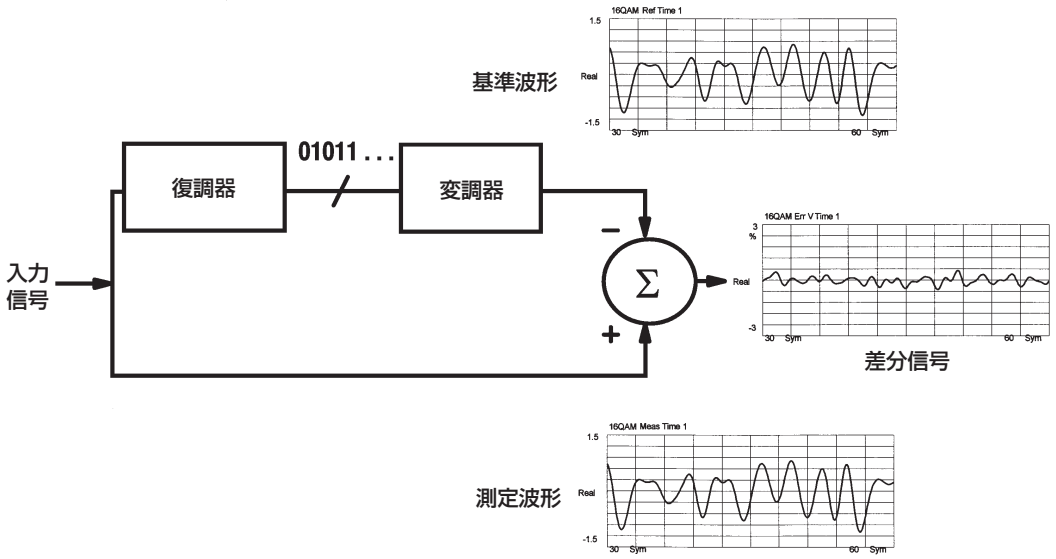


図2. EVM測定プロセスのブロック・ダイアグラム

ステップ1. 精密復調

入力信号のアナログ−ディジタル変換の後、DSP[1]ベースの復調器がデータを送信時のビット・ストリームを復元します。このタスクには、搬送波およびデータ・シンボル・クロックのロックから、ベースバンド・フィルタリングに至るすべてが含まれます。89400のフレキシブルな復調器を使用すれば、BPSKから256QAMまでの信号フォーマットを、数百ヘルツから数メガヘルツまでのシンボル・レートで復調できます。さらに、1回のメニュー選択で、最も一般的な信号タイプに合わせて復調器を設定できます。

ステップ3. 複素数の比較

計算された基準波形と実際の入力波形(どちらも現在ディジタル・サンプルのブロックとして存在する)の差をとれば、エラー・ベクトルの値が得られます。どちらも*I*波形と*Q*波形から成る複素数であるため、この処理は多少複雑になるだけです。89400のDSPエンジンは高性能なので、このベクトル減算を処理し、必要な測定データを得ることができます。

[1] ディジタル信号処理

EVMのトラブルシューティング・ツリー

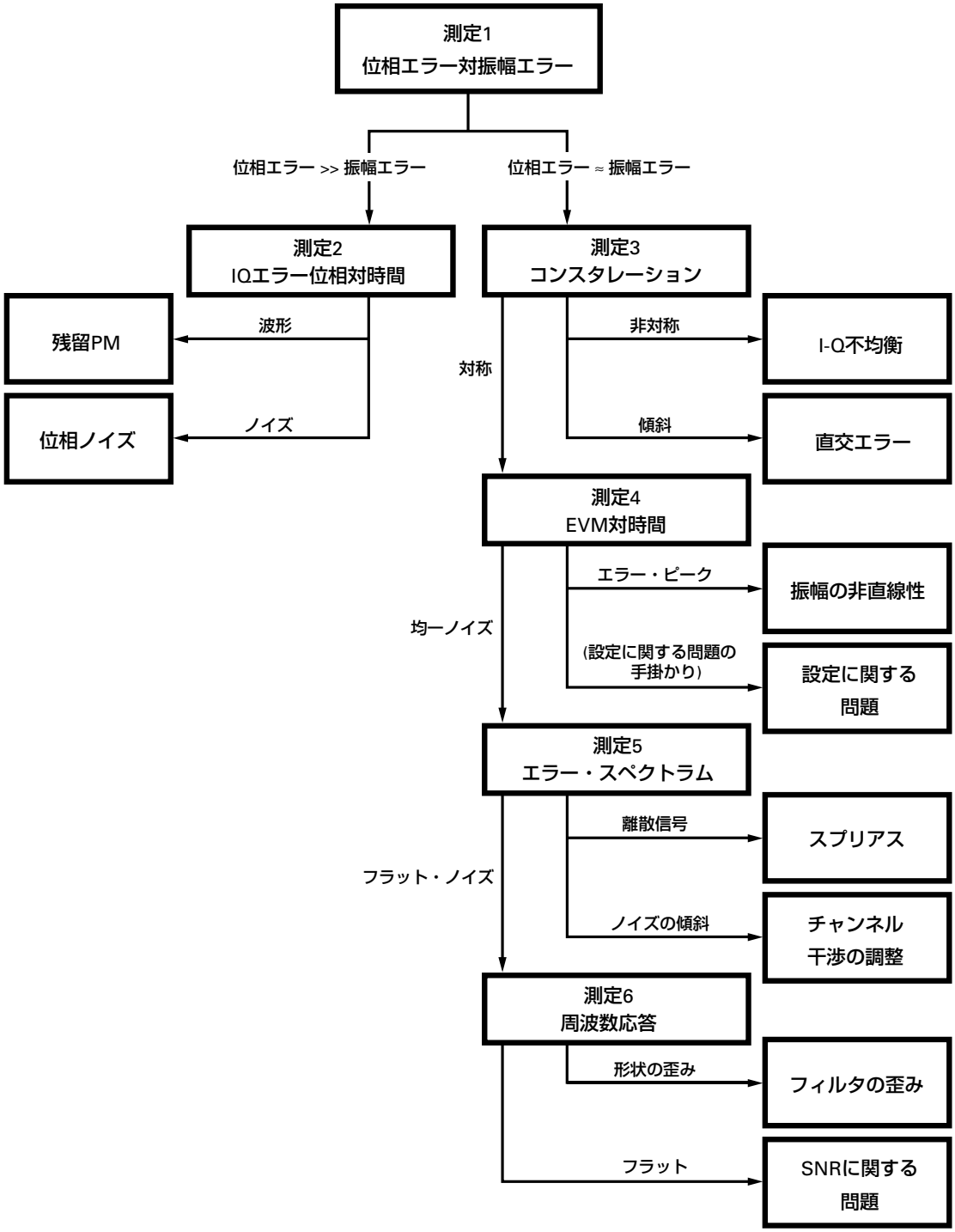


図3. EVM測定を使ったベクトル変調信号解析のフロー・チャート

エラー・ベクトル測定を使ったトラブルシューティング

エラー・ベクトル振幅とそれに関連する量の測定を正しく行うことで、ディジタル変調信号の品質を詳しく解析できます。また、これらの測定によって、試験の過程で検出された問題の原因を特定することも可能です。このセクションでは、EVM技術によって信号を検査し、得られた結果を解釈するための一連のシーケンスを示します。

注記：以降のセクションは、ステップ形式の手順ではなく、89400の基本操作を熟知しているユーザを対象にしたガイドラインを目的としています。詳細については、測定器のオンライン・ヘルプまたは参考文献を参照してください。

測定1
振幅エラーと位相エラー

説明：さまざまなエラー発生メカニズムは、異なる形態で（振幅のみ、位相のみ、または両方同時に）信号に影響を与えます。各エラー・タイプの相対的な量を理解することで、ある種の問題を素早く検出したり、これに対処することができます。したがって、EVMを振幅エラー成分と位相エラー成分に分解し（図1を参照）、それらの相対的な大きさを比較することが、最初の診断ステップになります。

設定：ディジタル復調モードから、以下のものを選択します。

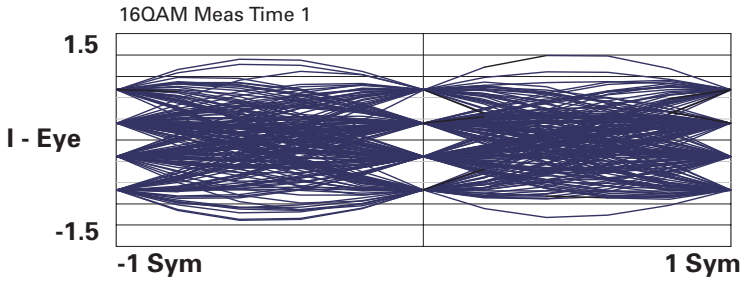
MEAS DATA	**Error Vector: Time**
DATA FORMAT	**Data Table**

観測：平均位相エラー（度）が平均振幅エラー（%）の約5倍以上大きい場合は、何らかの不要な位相変調が主なエラー・モードになっていることを示します。測定2へ進んで、基準周波数、位相ロック・ループ、またはその他の周波数生成ステージに、ノイズ、スプリアス、またはクロス結合に関する問題がないか調べます。振幅エラーが位相角エラーよりもはるかに大きい場合には残留AMが原因です。

多くの場合、振幅エラーと位相エラーはほぼ等しくなります。これは、様々な潜在的な問題があることを意味します。この問題は、測定3～6でさらに特定されます。

測定に関するヒント

1. データ・テーブル・サマリのエラー値は、表示された各シンボル・ポイント（シンボル間エラーも含むGSMまたはMSKタイプIを除く）のRMS平均です。



EVM	= 248.7475 m%rms	732.2379	m% pk at symbol	73
Mag Error	= 166.8398 m%rms	-729.4476	m% pk at symbol	73
Phase Error	= 251.9865 mdeg	1.043872	deg pk at symbol	168
Freq Error	= -384.55 Hz			
IQ Offset	= -67.543 dB	SNR	= 40.58	dB

0	1110011010	0110011100	0110011010	0100101001
40	0010100110	1000010101	0010010001	0110011110
80	1001101101	0110011001	1010101011	0110111010
120	1000101111	1101011001	1001011010	1000011001

図4. 振幅エラーと位相エラーの量がほぼ同じであることを示すデータ・テーブル（下の画面）。位相エラーが振幅エラーよりもはるかに大きい場合は、位相ノイズまたは寄生PMが原因である可能性があることを示します。

測定2
*IQ*位相エラー対時間

説明：位相エラーは、測定信号と理想基準信号間の瞬時角度の差です。時間（またはシンボル）の関数として表示される位相エラーは、任意の残留PM信号または干渉PM信号の変調波形を示します。

設定：ディジタル復調モードから、以下のものを選択します。

MEAS DATA ***IQ* Error: Phase**
DATA FORMAT **Phase**

観測：正弦波またはその他の正規波形は、干渉信号を示します。均一なノイズは、何らかの位相ノイズ（ランダム・ジッタ、残留PM/FMなど）の存在を示します。

例：

測定に関するヒント

1. *IQ*位相エラーとエラー・ベクトル位相を混同しないように注意してください。これらは同じメニューにあります。

2. X軸はシンボル数でスケーリングされます。絶対時間を計算するには、**シンボル・レート**で除算します。

3. 詳細を調べるには、**result length**の値を小さくするか、**Xスケール・マーカ**を使用して、波形を拡大します。

4. 実際の波形表示範囲は、DC～（シンボル・レート）/2前後までです。

5. 位相ジッタ・スプリアスの周波数を正確に判別するには、ユーザ定義の演算関数FFT（PHASEERROR）を作成し、表示します。この結果表示されるスペクトラムで最大の周波数分解能を得るには、**シンボル間のポイント数**を小さくするか、**result length**の値を大きくします。

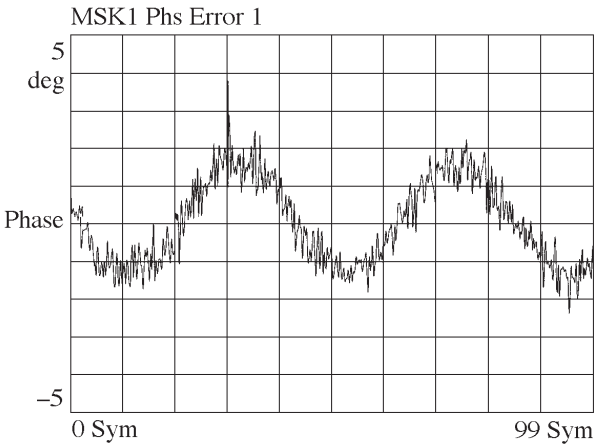


図5. 寄生（インバンド）PM正弦波は、3°p-pでもクリアに表示されます。

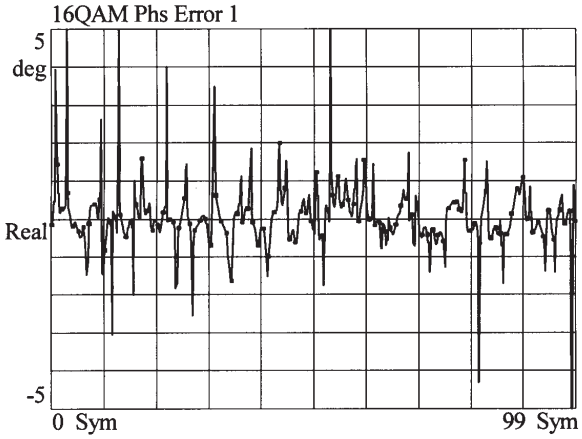


図6. タイム・ドメインでは、位相ノイズがランダムに表示されます。

測定3
コンスタレーション・ダイアグラム

説明：これは一般的なグラフを用いた解析手法で、極座標プロットを利用して、ベクトル変調信号の振幅と位相を、時間またはシンボルの関数として、搬送波に対してプロットします。シンボル・クロック・タイムでのフェイザ値は特に重要なため、ドットを使って強調表示されます。この処理を行うために、コンスタレーション・アナライザは、外部入力（従来のコンスタレーション表示）または自動ロック（89400）のいずれかの方法で、搬送波とシンボル・クロックの正確な周波数と位相を測定する必要があります。

設定：ディジタル復調モードから、以下のものを選択します。

MEAS DATA	***IQ* Measured Time**
DATA FORMAT	**Polar: Constellation** （ドットのみ）
または	
	Polar: Vector （ドットおよび シンボル間経路）

観測：完全な信号の場合は、原点を中心に完全に対称である均一なコンスタレーションが表示されます。このコンスタレーションが“正方形”にならない場合、つまり、*Q*軸の高さが*I*軸の幅と等しくない場合は、*I-Q*の不均衡を意味します。コンスタレーションに少しでも“傾斜”がある場合は、直交エラーを意味します。

例：

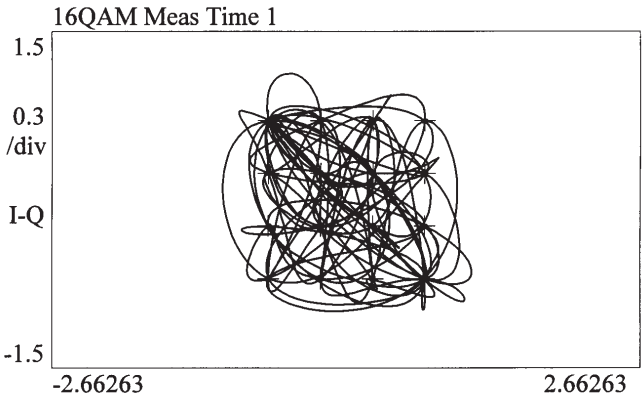


図7. ベクトル画面は、シンボル間の信号経路（ピークを含む）を示します。

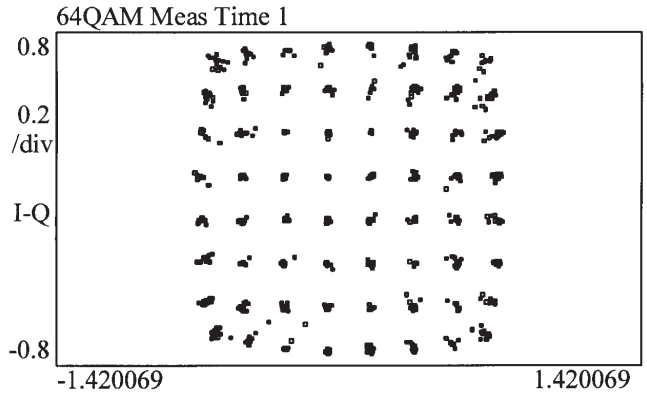


図8. コンスタレーション画面は、シンボル・ポイントのみで、圧縮などの問題（この図に示す）を明らかにします。

測定に関するヒント

1. **result length**（シンボル数）によって、コンスタレーション上に表示されるドット数が決まります。コンスタレーションの配置状態をより詳細に表示するには、result lengthの値を大きくします。

2. **シンボル間のポイント数**によって、シンボル間の表示密度が決まります。ピークおよびオーバーシュートを表示するには、シンボル間のポイント数を4以上に設定します。result lengthを長くする場合は、ポイント数を少なくします（どちらの場合も、**result length×シンボル間のポイント数**の値が**最大タイム・ポイント数**よりも小さくなければなりません）。シンボルあたり1ポイントに設定すると、シンボル間データは全く収集されず、すべてのシンボルが直線で結ばれるため、作成されるアイ・ダイアグラムおよびコンスタレーション・ダイアグラムは役に立ちません。

3. シンボル・ドットの拡散を拡大表示するには、必要なステートにマーカを移動して、**mkr -> ref lvl**を押し、**Y/div**の値を小さくします。

4. **正規化をオン(normalize ON)**にした場合、最も外側のステートの値は常に1.000になります。**正規化をオフ(normalize OFF)**にした場合、これらの値は絶対電圧レベルになります。

測定4
エラー・ベクトル振幅対時間

説明：EVMは、入力信号と内部で生成された理想的な基準との差です。エラーがシンボルまたは時間の関数として表示すると、それらのエラーは、ピークまたはゼロ交差などの、入力波形上の特定ポイントと相関していることがあります。EVMはスカラ値（振幅のみ）です。

設定：ディジタル復調モードから、以下のものを選択します。

DISPLAY	**two grids**
MEAS DATA	**(A)error vector: time**
	(B) *IQ* measured time
DATA FORMAT	**(A)linear magnitude**
	(B)linear magnitude
MARKER	**couple markers: ON**

観測：2つのトレース上のマーカを結合して、上の（EVM）トレースのマーカの位置をエラー・ピークに合わせます。同じタイミングの信号振幅を調べるには、下のトレースを観測します。信号のピークと同時に発生しているエラー・ピークは、圧縮またはクリッピングを意味します。信号の最小値と相関するエラー・ピークは、ゼロ交差の非線形歪みを示します。

EVM対時間のグラフは、設定に関する問題の特定にも重要です。

測定に関するヒント

1. EVMは、コンスタレーション・ダイアグラムで最も外側の（ピーク）ステートのパーセンテージで表されます。

2. X軸はシンボル数でスケーリングされます。絶対時間を計算するには、**シンボル・レート**で除算します。

3. 詳細を調べるには、**result length**の値を小さくするか、**Xスケール・マーカ**を使用して、波形を拡大します。

4. **シンボル間のポイント数**が1よりも大きい場合は、シンボル・ポイント間のエラーを表示できます。通常、各シンボル間のEVMピークは、ベースバンドのフィルタリングに関する問題（フィルタの調整が間違っているか、設定時にアナライザに入力した**アルファ**の値が間違っている）を示します。

5. EVM波形では、設定に関する以下の問題を明らかにすることも可能です。

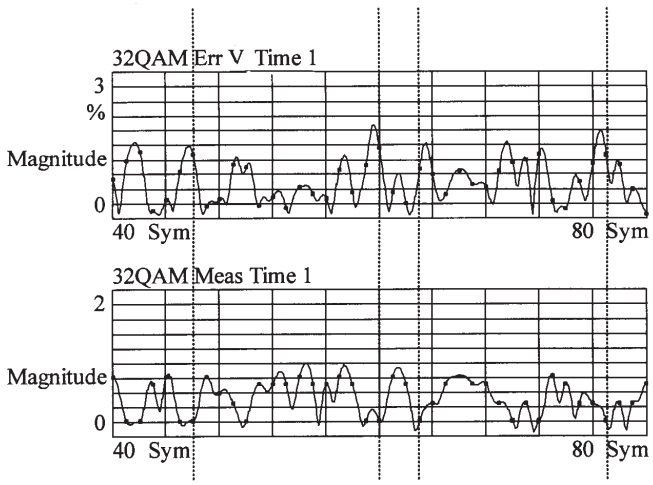


図9. この信号（上のトレース）上のEVMピークは、信号の振幅（下のトレース）が0に近づくたびに発生します。この場合、増幅ステージでゼロ交差エラーが発生している可能性があります。

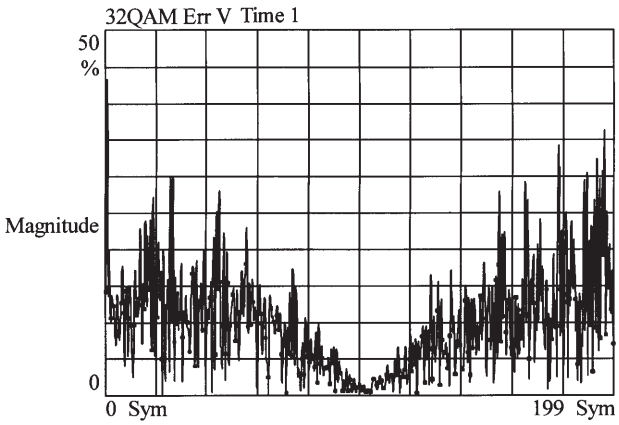


図10. シンボル・クロック・レートが間違っていると、V型のEVMプロットが生成されます。

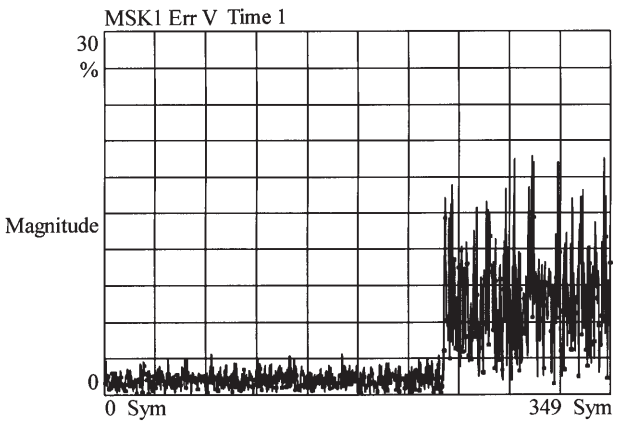


図11. EVMはTDMAバーストの終わりでノイズになります。この場合はresult lengthを短くします。

測定5
エラー・スペクトラム
(EVM対周波数のグラフ)

説明：エラー・スペクトラムは、EVM波形のFFT[1]から計算され、結果は周波数ドメインに表示されます。このドメインには、タイム・ドメインではわからない詳細を表示できます。エラー・スペクトラム表示に使われる以下の関係に注意してください。

$$\text{周波数スパン} = \frac{\text{シンボル間のポイント数} \times \text{シンボル・レート}}{1.28}$$

$$\text{周波数分解能} \sim \frac{\text{シンボル・レート}}{\text{result length}}$$

設定：ディジタル復調モードから、以下のものを選択します。

MEAS DATA error vector: spectrum
DATA FORMAT log magnitude

観測：この画面では、帯域内に信号のエラー・ノイズ・スペクトラムが集中し、両側でスペクトラムが急速に低下しています。ほとんどのディジタル・システムでは、不均一なノイズ分布または離散信号のピークは、外部で結合した干渉が存在することを意味します。

測定に関するヒント

1. EVMスペクトラムのスパンまたは分解能を変更するには、上記の式に従って、**シンボル間のポイント数**または**result length**のどちらか一方を調整します。アナライザの中心周波数またはスパンは調整しないでください。この調整を行うと、信号が表示されません。
2. リニア振幅表示では、スペクトラムの校正はEVMのパーセントで表されます。対数振幅表示では、100%のEVMに対するデシベル単位で表されます。
3. アナライザでのアベレージングは、復調の前に行われます。したがって、表示範囲を超えてエラー・スペクトラムをスムージングすることはできません。
4. 周波数の校正は、搬送波周波数が中央にする絶対校正です。ベースバンドの特定の干渉周波数を判別するには、**オフセット・マーカ**を使用します。

例：

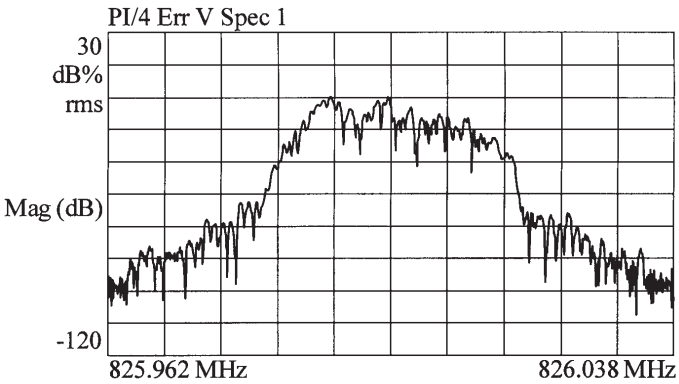


図12. 隣接（下側）チャネルからの干渉により、EVMスペクトラム分布が不均一になります。

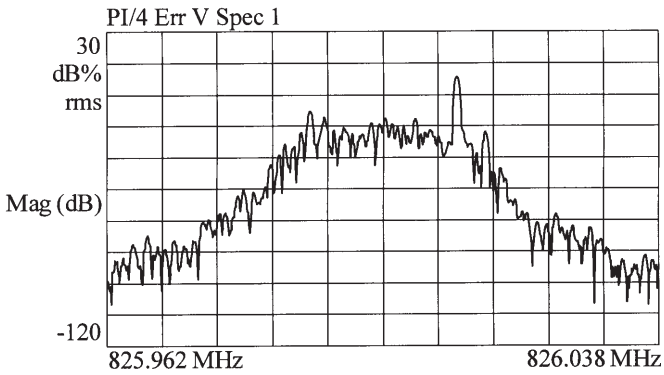


図13. スイッチング電源の干渉信号が、搬送波から10kHzのオフセット位置にEVMスプリアスとして表示されます。

[1] 高速フーリエ変換

測定6
チャネル周波数応答

説明：他に類のない高性能な89400測定器は、測定信号/基準信号の比を計算します。基準信号は内部生成される理想信号であるため、この信号を使用すれば、変調器入力に物理的にアクセスしなくても、変調システム全体に渡って周波数応答を測定できます。この仮想ベースバンドのアクセス・ポイントは重要です。これは、そのようなスティミュラス・ポイントが、以下のいずれかの理由から通常は使用できないためです。

a) アクセス不可能である
b) ディジタル方式でインプリメントされている
c) 個別の*I*入力と*Q*入力の和である

設定：ディジタル復調モードから、以下のものを選択します。

MATH	**Define Function: F1 = MEASSPEC/REFSPEC**
MEAS DATA	**F1**
DATA FORMAT	**log magnitude**
または	**phase**
または	**group delay**

観測：測定結果は、変調器のベースバンドの*I*入力および*Q*入力から測定ポイントまでの、システムの複素伝達関数を示します。この結果は、振幅比（周波数応答）、位相応答、または群遅延と考えることができます。高性能変調器では、フラット応答/リニア位相からのほんの少しのズレでさえ、パフォーマンスに関する深刻な問題の原因となる可能性があります。

例：

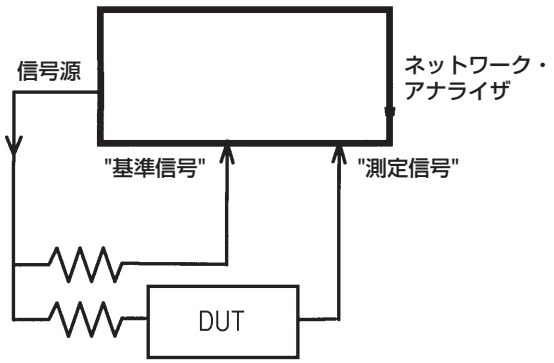


図14. 従来のネットワーク解析では、スティミュラス信号が完全（フラットでノイズがない等）である必要はありません。この信号はDUT入力で精密に測定され、測定結果から除外されます。

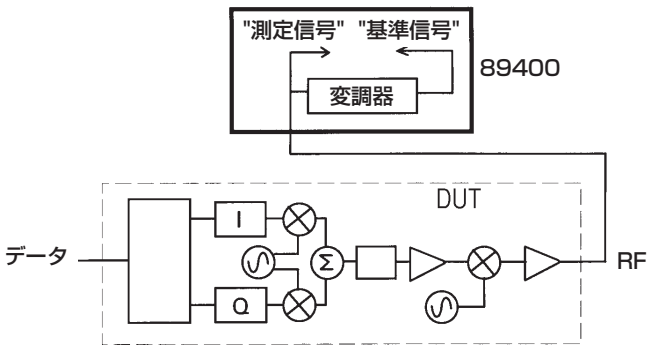


図15. 89400では、DUT入力信号を測定または供給する必要はありません。これは、DUT入力信号が測定信号から計算（再生成）され、すでに理想的な波形になっているためです。

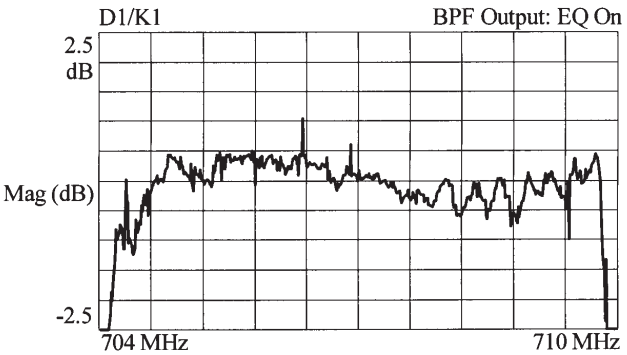


図16. 送信イコライザがオンの場合、このディジタルTV送信機のフラットネスは、変調器入力からパワー・アンプ出力までで約±0.5dBです。この測定は映像の伝送を中断せずに実行できます。

測定に関するヒント

1. 周波数スパンとフラットネスの調整方法については、測定5「エラー・スペクトラム」の測定に関するヒントを参照してください。

2. この技術は、おもに通過帯域のフラットネスを測定するために使用します。一般に、ダイナミック・レンジは、阻止帯域のノイズ除去を測定するには不十分です。

3. **data format：phase**では、リニア位相応答からのズレを容易に読み取ることができます。これは、自動搬送波ロックにより、位相の傾きがすでに除去されているためです。

4. 通過帯域全体でのエネルギーの分布は不均衡で絶えず変動するため、この測定では一般にノイズが多量に発生します。したがって、各周波数ポイントのSNR[1]が測定のたびに大幅に変化する可能性があります。アベレージングは復調の前に行われ、有用ではありません。**群遅延**測定の場合は、広めの**アパーチャ**を選択して、データのスムージングを行います。

5. トレース平均は、以下のようなトレース演算を使って算出できます。測定値をD1に保存します。次に、F1が上記のように定義され、測定回数がK1に保存された状態で、F2=(F1+D1)/K1の画面に移行します。各測定が行われたら、結果のトレースをD1に保存して、K1の測定回数をすべて実行するまで繰り返します。

[1] S/N比

参考文献

Blue,Kenneth J.et al. “Vector Signal Analyzer for Difficult Measurements on Time-Varying and Complex Modulated Signals.” Hewlett-Packard Journal, December 1993, pp6-59.

Hewlett-Packard Company. “Using Vector Signal Analysis in the Integration, Troubleshooting and Design of Digital RF Communications Systems,” Product Note 89400-8, Publication Number 5091-8687E,Palo Alto, CA. 1994.

Voelker, Kenneth M. “Apply Error Vector Measurements in Communications Design.” Microwaves & RF, December 1995, pp143-152.

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 9:00～17:00
（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。

Agilent Technologies
Innovating the HP Way

5966-0444J
070000002-L/H