

**Tektronix**<sup>®</sup>

# USBスペクトラム・アナライザを使用した ケーブルとアンテナの測定

アプリケーション・ノート



このアプリケーション・ノートでは、スペクトラム・アナライザとトラックキング・ジェネレータを使用した、ケーブルとアンテナ・システムのライン・スイープ測定の基礎を説明します。また、ライン・スイープ測定の重要性和測定方法についても説明します。測定項目としては、リターン・ロス/VSWR（電圧定在波比）、ケーブル損失、アンテナ・アイソレーション、DTF（障害位置検出）測定があります。

スペクトラム・アナライザによる伝送損失、伝送利得、リターン・ロスの測定では、トラックキング・ジェネレータが重要になります。後で説明しますが、トラックキング・ジェネレータはスペクトラム・アナライザのスイープ周波数にトラックする、シンプルな周波数スイープするRFジェネレータです。言い換えれば、トラックキング・ジェネレータはアナライザのスイープに応じて信号を出力し、周波数レンジにおけるパワーを測定します。これは、ユーザが既知の信号を回路に入力し、その応答を観測することを意味します。

トラックキング・ジェネレータが利用可能なポータブル・タイプのスペクトラム・アナライザは市場に数多くあります。しかし、このような計測器の多くはスピードが遅く、十分なプロセッサ・パワーがないため、リアルタイム性能がありません。一方、ノートPCまたはタブレットPCと組み合わせて使用するテクトロニクス製のUSBスペクトラム・アナライザは、デスクトップ・レベルのリアルタイム性能を、バッテリー駆動およびIP52準拠の防塵・防滴仕様のポータブルなパッケージで実現しています。

## ケーブルとアンテナのテスト – 問題の原因

携帯基地局の不具合の60%は、ケーブル、コネクタ、アンテナの不良によるものと推定されます。インストール時に問題が発生し、ただちに現象が現れるものもあります。しかし、接続されたケーブル、アダプタ、アンテナは時間とともに故障したり、徐々に性能が低下したりすることがあります。コンポーネントの不良は、セルラ・システムでは不十分なカバレッジや不必要なハンドオーバーなどとなって現れます。携帯ネットワークは最もわかりやすく一般的な例ですが、あらゆる無線通信システムでは、継続的な性能検証のテストを行わないと、原因不明の性能低下を起こすことがあります。

ケーブルとアンテナは、屋外と屋内のいずれにおいてもさまざまな環境に耐えるように期待されていますが、それぞれに問題があります。

一般的な屋外設置では、アンテナは高いビルまたはタワーの最上部、場合によっては遠隔地に設置されることがあり、このような場所では、アンテナや同軸ケーブルの一部は大きな温度変化、雨、雪、氷、風、日光など、厳しい気候条件に晒されます。このような条件はシステムの相互運用性に影響することがあり、コネクタ接続部の防水不良、ケーブル接続部のシール不良、絶縁材料のひび割れなどの物理的損傷となって現れます。

屋内設置では、機器シェルタやオフィス・ビルなどの固定したセットアップに加え、船、飛行機、列車、車、トラックなどの移動アプリケーションがあります。移動アプリケーションでは、損傷の可能性がより高くなります。保護された設置であっても、取扱いの不手際、ストレス、熱、振動、化学物質、汚染物など、さまざまな危険に晒されます。問題は、はんだ接合部の接触不良、時間経過によるケーブル被覆の劣化、破損、または性能低下などとなって現れます。

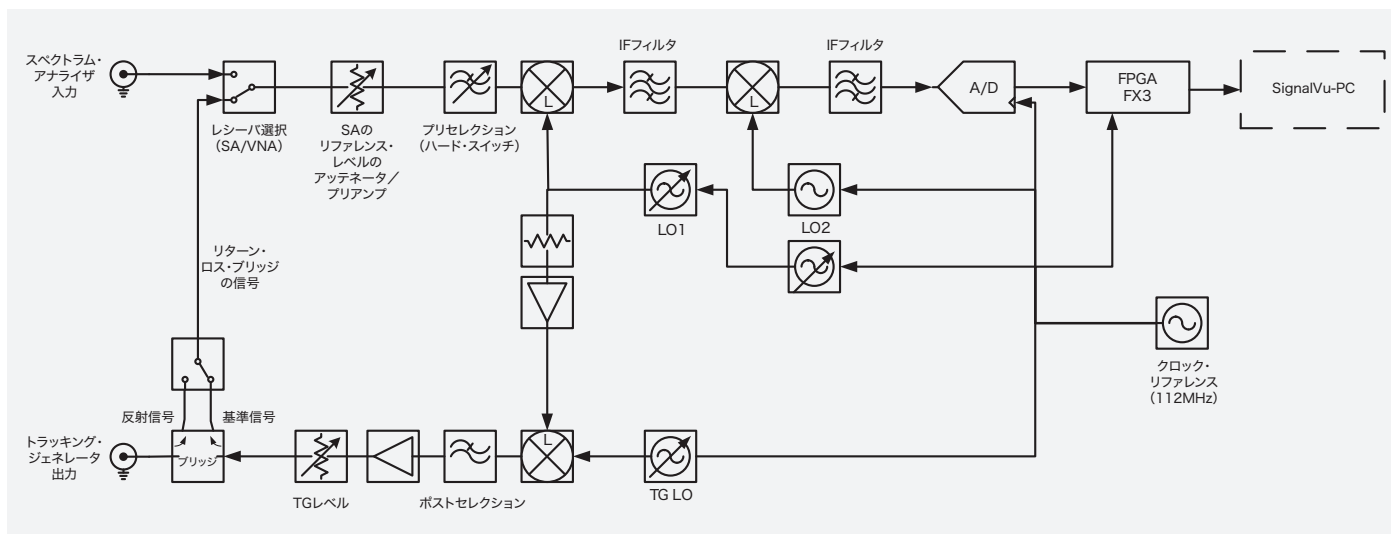


図1. RSA500/600シリーズ・スペクトラム・アナライザとオプションのトラッキング・ジェネレータ

ケーブルを鉄塔の上から下まで通したり、壁を貫通したり、床下に敷設したりするのは面倒な作業です。ケーブル敷設時に傷が付いたり、伸びたり、押しつけられたり、つぶれたり、うまく配線できないことは多々あり、最初の敷設業者が現場を去った後になって問題が大きくなる場合があります。他の問題としては、低損失同軸ケーブルなどで最小曲げ半径を超えて曲げられたケーブルでは、電気性能が著しく低下することがあります。

幸いなことに、ケーブルとアンテナのテスト／トラブルシュートで特殊なツールを使う必要はありません。ポータブル・タイプのスペクトラム・アナライザは、すでに無線伝送システムの設置／メンテナンスで使用されています。さらに無線伝送システムのさまざまな場面でのテストでも使用されており、一般的な性能評価から個々のコンポーネントの解析まで幅広く使われています。したがって、スペクトラム・アナライザにトラッキング・ジェネレータを追加することは、問題解決のためのコスト効率の良いソリューションとなります。

## トラッキング・ジェネレータの基礎

スペクトラム・アナライザは信号を受信して測定するものであり、受動機器と考えられます。スペクトラム・アナライザは、それ単体では、既知の信号を特定のデバイスまたはネットワークに入力してその出力または応答を測定するような、ケーブルやアンテナの測定はできません。

このような信号入力に対する応答の測定では、主に2種類のテスト機器が使用されます。従来からあるテスト機器としては、RFアナライザまたはスカラ・ネットワーク・アナライザがあります。もう一つが、

トラッキング・ジェネレータ内蔵のスペクトラム・アナライザです。一般に、非常に高い精度が求められる場合はベクトル・ネットワーク・アナライザが必要になりますが、他のほとんどの場合では、スペクトラム・アナライザとトラッキング・ジェネレータの組合せが最適です。低価格で高性能なUSBベースのスペクトラム・アナライザの登場により、ますます魅力的なソリューションとなっています。

トラッキング・ジェネレータは、正弦波出力をスペクトラム・アナライザの入力に提供することで動作します。トラッキング・ジェネレータのスイープをスペクトラム・アナライザにリンクすることで、トラッキング・ジェネレータの出力はスペクトラム・アナライザと同じ周波数になり、それぞれは同じ周波数をトラッキングします。図1に示すように、リターン・ロス・ブリッジが組み込まれており、出力された信号の反射がスペクトラム・アナライザによって検出可能になります。

ノーマライズを実施するときには、トラッキング・ジェネレータの出力をスペクトラム・アナライザの入力に接続します。ノーマライズ後は、リファレンス接続の損失が補正されたレベルが一本のフラットな直線として得られます。測定時には、トラッキング・ジェネレータの出力とスペクトラム・アナライザの入力に測定対象のデバイスを入れます。被測定デバイスの応答によって信号が変化し、この変化はスペクトラム・アナライザによって測定されます。

## ノーマライズ、校正、測定

スペクトラム・アナライザ内のトラッキング・ジェネレータは、振幅のみのスカラ・パラメータと振幅と位相を含んだベクトル・パラメータのいずれかを測定します。ゲイン測定では、RSA500シリーズ、RSA600シリーズは振幅のノーマライズを実施することで、周波数対振幅の正規化表示を作成します。しかし、リターン・ロス、VSWR、ケーブル損失、障害位置検出などの測定では、ベクトル校正が必要になります。RSA500シリーズ、RSA600シリーズは工場出荷時にベクトル校正が実施されているので、多くのトラブルシュート・アプリケーションですぐに測定を始めることができ、厳密な測定をする場合はOSL (Open, Short, Load) 法でユーザ校正することで優れた測定精度が得られます。校正手法に関する詳細は、SignalVu-PCのユーザ・ヘルプ・ファイルで確認できます。このアプリケーション・ノートで説明するすべてのベクトル測定は、計測器に標準搭載されている工場校正を使用しています。

## リターン・ロスとVSWR

ケーブル、アンテナの測定の中心になるのが、リターン・ロスとVSWRの測定です。これを測定することで、システムが期待通りに機能していることを確認できます。このテストで問題が発生する場合は、システム全体の性能が影響を受けている可能性があります。この測定は、ケーブル、アンテナ、コネクタ間のインピーダンスのミスマッチによって信号の一部が反射するという原理を利用しています。入力信号と反射信号が干渉して現れる定在波の電圧比を、電圧定在波比 (VSWR : Voltage Standing Wave Ratio) と呼びます。この比はdBでも測定でき、リターン・ロスとして表わされます。

リターン・ロスとVSWRは大きな問題になることがあります。例えば、マッチングのとれていないアンテナはRFエネルギーを大きく反射させてしまい、送信した信号がアンテナから放射されずに送信機に戻ってきます。このように大きなエネルギーが送信機に戻ってくると、信号は歪み、送信されるパワーの効率に影響し、カバレッジ・エリアが減少することになります。

リターン・ロスとVSWRは、表現方法は違いますが同じ情報を表しています。以下の式を使うと、VSWRをリターン・ロスに変換できます。

$$VSWR = \frac{1 + 10^{-(RL/20)}}{1 - 10^{-(RL/20)}}$$
$$Return Loss = 20 \text{Log} \left| \frac{VSWR + 1}{VSWR - 1} \right|$$

リターン・ロスは、反射電力と入射電力の比をdBで表わしたものです。リターン・ロスはログ表示であるため、小さな値と大きな値をログ・スケール上で容易に比較できます。テクトロニクス社のUSBスペクトラム・アナライザのデフォルトのリターン・ロスのスケールは+10~-40dBであり、ほとんどの測定ではこの範囲に入ります。参考までに、20dBのリターン・ロス測定結果は、入射電力の1%のみが反射し、99%のパワーは伝送されるため、非常に効率的であると言えます。リターン・ロスが10dBの場合は、入射電力の10%は反射します。許容可能なリターン・ロスのリミットはシステムによって異なりますが、ケーブルとアンテナで構成されるシステムにおいては、15dB以下が一般的なシステム・リミットになります。

リターン・ロスに対し、VSWRはシステムのインピーダンス・マッチをリア・スケールで表示したものであり、電圧の山と谷の比を測定します。マッチングが完全でない場合は、反射信号は送信信号と干渉します。この値が大きいとマッチングが悪いことを示します。完全または理想的なVSWRのマッチングは1:1です。ケーブルとアンテナのシステムのより現実的なマッチングは、1.43（リターン・ロス換算で15dB）程度です。アンテナの製造メーカーは、一般的に特定の動作周波数と特性インピーダンスをもとにVSWRでマッチングを規定します。大きなVSWRはインピーダンスのミスマッチの程度が大きいことを示し、送信が効率的に伝送されていないものとして観測できます。テクトロニクス社のUSBスペクトラム・アナライザにおける、VSWRのデフォルトのスケールは1~10です。

テクトロニクス社のRSA500シリーズ、RSA600シリーズ・スペクトラム・アナライザにオプションのトラッキング・ジェネレータを装備すると、リターン・ロスとVSWRが測定できます。図2は、700MHz~2.6GHzを掃引したバンドパス・フィルタのリターン・ロスが測定されています。1.458GHz（-53.8dBのリターン・ロス）と1.67GHz（-13.04dBのリターン・ロス）にマーカが付いており、フィルタの通過帯域内における最高/最低のマッチングを示しています。

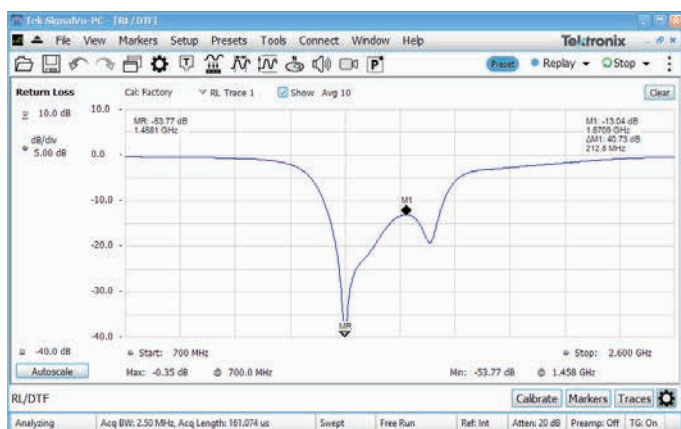


図2. バンドパス・フィルタのリターン・ロス対周波数

一方、図3では同じバンドパス・フィルタのVSWRを測定しています。ここでも1.458GHz（1.00のVSWR）と1.67GHz（1.57のVSWR）にマーカが付いており、フィルタのバンドパスにおける最高/最低のマッチングが示されています。

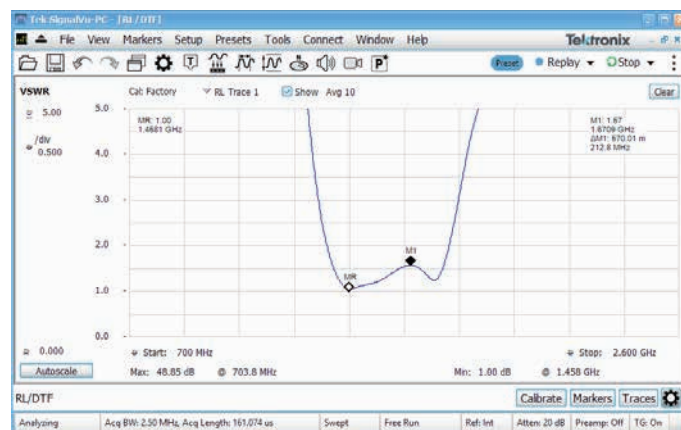


図3. バンドパス・フィルタのVSWR対周波数

予想通り、VSWRの測定結果はリターン・ロスの測定結果と一致しています。

## ケーブル損失

信号がケーブルとコンポーネントを伝送すると、エネルギーは失われます。でも、どのくらい失われるのでしょうか。伝送ラインにおける挿入損失またはケーブルによる減衰はRFシステムの総合的な性能に影響を及ぼすため、VSWR測定で考慮する必要があります。極端な場合、ケーブル損失によってアンテナの性能低下や不良を判別できなくなります。

ケーブル損失の測定は一般に、同軸ケーブル、ジャンパ・ケーブル、コネクタを含む、伝送ケーブル・システムのトータル挿入損失を観測します。コンバイナまたはフィルタなどのコンポーネントも影響します。テスト前には、アンテナまたはTMA（Tower Mounted Amplifiers、タワー・マウント・アンプ）は外します。

RSA500シリーズ、RSA600シリーズとオプションのトラッキング・ジェネレータによるケーブル損失測定は、リターン・ロス測定と似ています。この場合、ケーブルの遠端で短絡して信号を反射させ、掃引周波数範囲内でエネルギー損失を計算します。図4は、700MHz～2.6GHzのケーブル損失または挿入損失を表示した例です。

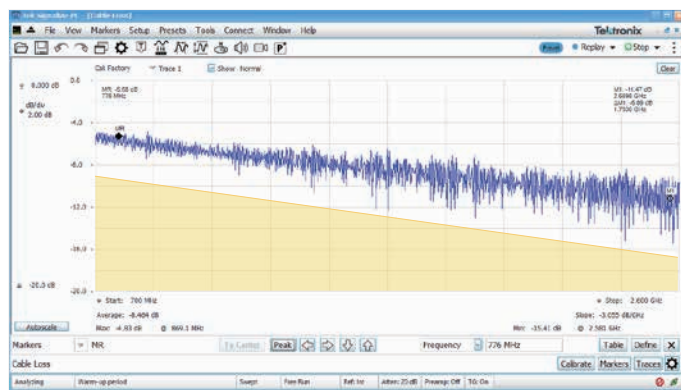


図4. 15mのRG-58/U同軸ケーブルのケーブル損失（挿入損失）対周波数の例（マスク適用）

平均ケーブル損失は8.64dB、傾きは3.055dB/GHzであることが、SignalVu-PCで容易に確認できます。

ケーブルは、周波数によって挿入損失が異なります。この例では、挿入損失は776MHzでは5.58dBですが、2.57GHzでは11.47dBとなっています。周波数が高くなるか、ケーブル長が長くなると、ケーブル損失は増えます。

ケーブル損失の測定は、性能低下の予兆を発見するための便利なツールです。伝送ラインが経年変化すると、損失も増加する傾向にあります。以前の測定結果と比較することで、時間経過による損失の変化を見つけることができます。SignalVu-PCは波形を保存でき、マスクを適用することで以前のデータと簡単に比較表示できます。図4では、ケーブルの仕様をもとにマスク（黄色の領域）が適用されています。ケーブル損失測定がマスク内に入るようなことがあれば、違反であることがわかるので、問題対処の手続きがとれます。

## 障害検出

リターン・ロスまたはVSWRおよびケーブル損失が仕様を外れていることがわかったならば、次の手順は伝送システム内における障害の位置を特定します。それがDTF（Distance to Fault、障害位置）測定であり、システムをトラブルシュートして障害または不連続点をピンポイントで特定します。

DTF測定は、リターン・ロス測定と同じ情報をもとにしています。スペクトラム・アナライザは周波数ドメインでケーブルをスイープし、逆FFTでデータを時間ドメインに変換します。

ケーブルで使用されている誘電材料によって伝搬速度が変化するため、ケーブルを伝わる信号の速度に影響します。伝搬速度（VP）の値の確度は、不連続の位置のDTF測定の確度に影響します。VP値の±5%誤差は、距離の確度に同等の影響を与えます。一般に、VPの値は製造メーカの発行するデータ・シートで調べることができます。しかし、アダプタやジャンパなど、システム内のすべてのコンポーネントを考慮に入れた場合、常にいくらかの変動があることを考慮する必要があります。

DTFのより有効なアプリケーションが、時間経過によるシステムの変化をモニタするトラブルシュート・ツールです。例えば、コネクタの性能が年月を経過するのとともに大きく低下していることを検出することができます。この場合は相対的な変化が重要であり、絶対値はそれほど重要ではありません。このように使用すれば、DTFはケーブル、アンテナのシステムをトラブルシュートするための有効な方法となります。

DTF測定では、アプリケーションに合った正しい周波数レンジを選択することが重要です。リターン・ロス測定では通常、周波数レンジは被測定デバイスで決まります。しかし、DTF解析では分解能と最大距離レンジは、以下の3つのパラメータで決まります。

1. 周波数のスイープ・レンジ
2. データ・ポイントの数
3. テストするケーブルの相対伝搬速度

DTFモードでアンテナのリターン・ロスを調べる場合、アンテナの動作周波数範囲で測定するべきです。しかし、ケーブルのDTF解析では、周波数範囲は最大距離と測定の分解能に大きく依存します。

伝送路の障害または性能低下を調べる場合、広い周波数スパンを使用して高い距離分解能を得るのが一般的です。しかし、周波数範囲は最大距離によって制約を受けます。もっと正確に言えば、最大距離は周波数範囲に反比例します。したがって、周波数範囲が広がると、測定できる最大距離は短くなります。

$$\text{最大距離 (m)} = \frac{V_p \times C}{2} \times \frac{1}{\Delta f}$$

$$\Delta f = \frac{BW}{N-1} = \frac{F_{\text{stop}} - F_{\text{start}}}{N-1}$$

$V_p$  = 伝送路の相対伝搬速度係数

$C$  = 光速

$N$  = データ・ポイント数

$BW, F_{\text{start}}, F_{\text{stop}}$ , は Hz

最大距離が決まっている場合、データ・ポイント数 ( $N$ ) と周波数帯域 ( $BW$ ) の値は指定された最大距離を満足するような組み合わせにします。

また、周波数範囲とDTF測定の距離分解能にも関係があり、周波数範囲が広がると分解能は上がります。

$$BW = \frac{V_p \times C}{2} \times \frac{1}{\Delta d}$$


$$\text{分解能 (m)} = \Delta d = \frac{V_p \times C}{2} \times \frac{1}{BW}$$

周波数帯域が広がると、距離分解能が上がります。分解能が上がることは優れた測定精度につながるため、DTF測定では一般的に良い結果につながります。

$BW$ が決まっている場合、データ・ポイント数 ( $N$ ) と周波数分解能 ( $\Delta f$ ) の組み合わせは $BW$ より小さい値になるようにします。

## DTF測定の実行

ここまでDTF測定の原理について説明してきました。ここからは、SignalVu-PCと、トラッキング・ジェネレータのオプションを装備したRSA500シリーズまたはRSA600シリーズを使用した、セットアップを含めた実際の測定手順を説明します。SignalVu-PCでは、DTFセットアップ・ボタンはRL/DTF設定タブの下にあり、距離または周波数範囲を指定した測定が実行できます。

1. SignalVu-PCで、Setup → Displaysと選択します。
2. Measurements/パネルでReturn Lossを選択します。
3. Available表示パネルでRL/DTFアイコンをダブル・クリックして表示を選択し、OKをクリックします。
4.  をクリックしてRL/DTF Settings制御パネルを開きます。
5. Displayタブをクリックし、Show Displays/パネルでDisplay 2を選択し、DTF/Return Loss表示のみになるようにします。

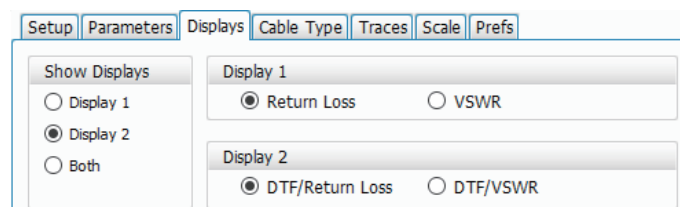


図5. SignalVu-PCでのDTF設定

6. ParametersタブでOutput Power LevelとDTF Window表示を設定します。Traces、Scale、Prefsのタブで波形、表示を設定します。
7. Cable Typeタブを選択し、ケーブルの種類を指定します。ケーブルの種類がリストにない場合は、New Cableボタンをクリックしてケーブルを追加します。New Cable/パネルが表示されますので、ケーブル名、伝搬速度係数、ケーブル・ロスを追加します (図6を参照)。

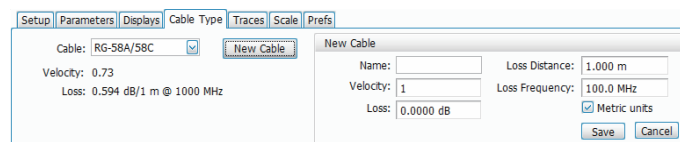


図6. ケーブルの種類の選択または新しいケーブルの設定の例

8. DTF SetupボタンをクリックしてDTF Setupウィンドウを開きます。ここで、測定を距離と周波数帯域のどちらで制限するかを指定します。
9. 図7のように、Cover Distanceを設定します。DUT（アンテナなど）までのケーブル長または距離を設定します。アンテナまたはケーブルをテストする場合など、アナライザとDUT間の信号経路に周波数を制限するデバイスがない場合にこの設定は推奨されます。しかし、障害点の位置を正確に測定するために、カバー距離を短く設定することができます（例えば、ケーブル長が100mで障害点が30m地点の1ヶ所だけの場合、35mにすることができます）。距離を短くすることで、そのポイント数における距離分解能が上がります。
11. 必要に応じ、DTF SetupウィンドウのParametersの欄でCenter Freqを変更します。中心周波数の値は、補助として使用されます。中心周波数は、システムまたはDUTによって異なります。
12. Methodを、Fast、Normal、Long Distance（Limit Bandwidthが選択されている場合）、またはHigh Resolution（Cover Distanceが選択されている場合）を選択します。この選択によって、周波数スweepのポイント数が決まります。Fastではポイント数は最も少なく、Long DistanceとHigh Resolutionではポイント数は最も多くなります。Limit Bandwidthを選択した場合、周波数帯域が制限されているのでポイント数を増やすと周波数ステップが小さくなり、それにより距離レンジが伸びます。
13. Resultsの欄で結果をチェックします。DTF測定による周波数スweepのパラメータと距離が表示されます。
14. OKをクリックすると、設定が完了してDTF Setupウィンドウは閉じます。

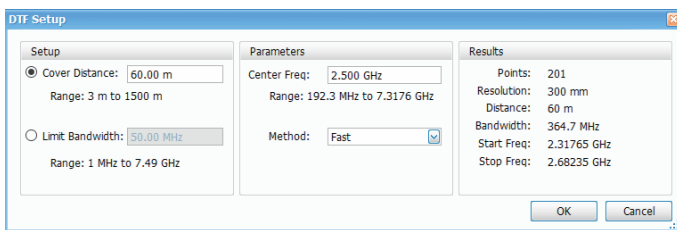


図7. カバー距離の設定

10. 距離でなく、システムの周波数帯域を条件にする場合は、図8に示すようにLimit Bandwidthを選択します。それ以外の場合は、手順11に進みます。

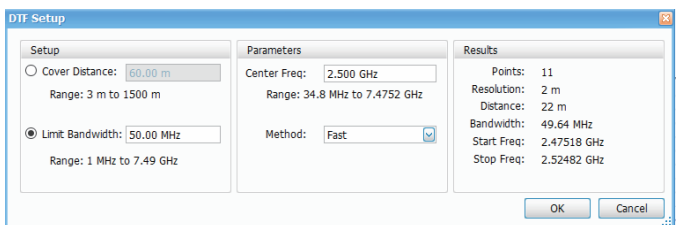


図8. 周波数帯域制限の選択

アナライザとDUT間の信号経路に、フィルタなどの周波数を制限するデバイスがある場合に、この設定が推奨されます。





図9. DTF測定セットアップの代表的な例

中継コネクタと遠端がオープンな延長ケーブルを含んだケーブルの代表的なDTF測定のセットアップを図9に示します。図10に、リターン・ロス対距離の測定例を示します。この表示から、伝送ラインに沿った不連続点において振幅のスパイクが確認できます。MRのマークの付いた16.602m地点は中継コネクタであり、M1のマークの付いた17.677m地点はケーブル・エンドです。この例では、ケーブルはオープンエンドであるため、パワーの大部分はケーブル端で反射されます。M1より後の振幅ピークは、2つのケーブルによる複数の反射を示しています。M1より後ろの最初のスパイクは、オープンになっているケーブル・エンドで反射した信号が中継コネクタで反射してさらにもう1度ケーブル・エンドで反射した信号によるものです。

伝送システムの障害特定では、リターン・ロスの他にVSWRも使用されます。図11は、同じケーブル・システムによるVSWR対距離の測定例です。ここでは、すべての不連続がVSWRの1以上の振幅として表示されます。SignalVu-PCは、DTF測定においてリターン・ロスとVSWRの両方が表示できるため、障害の表示/特定の強力なツールとなります。

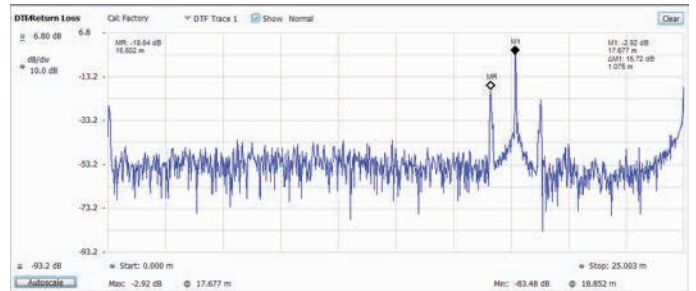


図10. リターン・ロス対距離



図11. VSWR対距離

## 混在するアンテナのテスト

図12に示す携帯電話の基地局など、多くの無線アプリケーションでは、電波塔、その他の構造物に異なったシステムが混在します。このような状況では、それが同じシステムの一部であるか、そうでないかに関わらず、アンテナの配置に十分に注意する必要があります。送信側での相互変調の発生や、受信側での感度低下を避けるためにも、適切なレベルのアンテナ間アイソレーションを維持することが重要になります。



図12. 混在するアンテナ・システムを持った携帯基地局の例

相互変調と受信感度低下は、ハイパワーの送信機のアンテナから出力されたエネルギーが、近くのアンテナに結合し、結合されたシステムの増幅器に入ることによって発生することがあります。デュプレクサやフィルタが内蔵されたシステムは、近くの送信機や他の干渉による信号を除去することもできますが、このような対策があってもアンテナ間では60dB以上のアイソレーションが必要になります。

RSA500シリーズまたはRSA600シリーズ・スペクトラム・アナライザとオプションのトラッキング・ジェネレータを使用することで、このような解析が可能になります。テスト・セットアップを図13に示します。トラッキング・ジェネレータのポートに送信アンテナを、スペクトラム・アナライザのRFポートに受信アンテナを接続します。システムの最も低い送信周波数から、最も高い受信周波数までスイープします。この測定からアイソレーション対周波数のプロットが得られ、2つのアンテナ間のさまざま周波数におけるアイソレーション・レベルが表示されます。

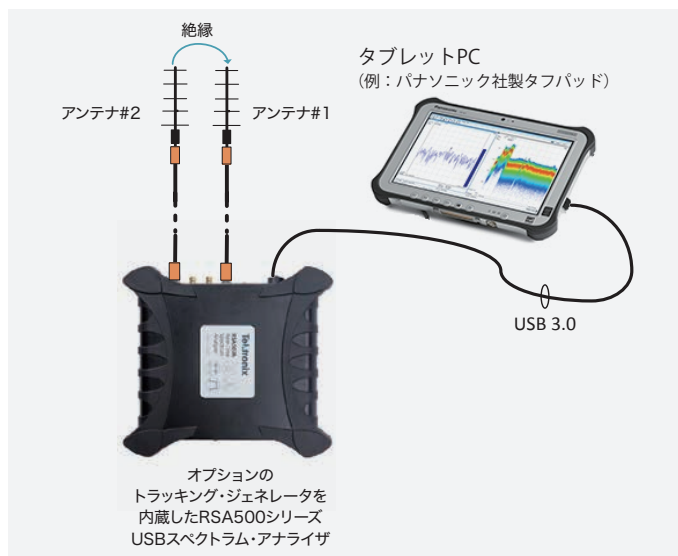


図13. 混在するアンテナ間アイソレーションのテスト・セットアップ

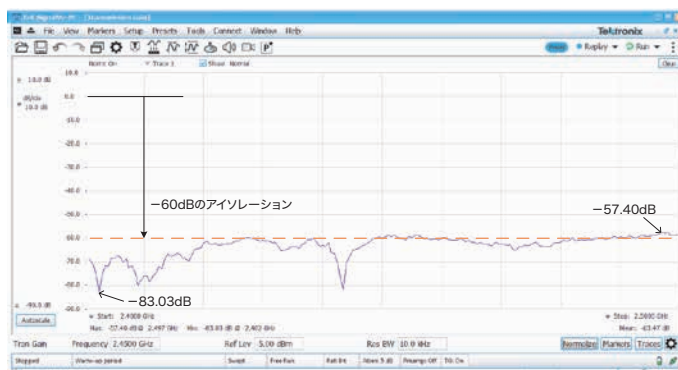


図14. アイソレーション対周波数の測定例

SignalVu-PCのトランスミッション・ゲイン表示によるISM (Industrial, Scientific and Medical) バンドの測定例を、図14に示します。互いに60°ずらして配置した2本のアンテナから、2.4GHz~2.5GHzを送信したときのアイソレーションを示しています。この測定のために、まずアンテナを接続する2本のケーブルをスルー・コネクタで接続した状態でトラッキング・ジェネレータをノーマライズします。ケーブルおよびコネクタの損失が補正された後でアンテナを接続します。表示される最大値、最小値から、-57.4dB~-83.03dBのアイソレーションとなっています。波形は保存でき、波形データはエクスポートして外付けプログラムで使用できます。マスクをかけることで、以前のデータと簡単に比較表示できます。

## テクトロニクスのRSA500シリーズ、 RSA600シリーズ

RSA500シリーズは、リアルタイムなスペクトラム解析により、発見が難しい妨害電波の検出、RFネットワークの維持、これらの作業記録に携わるスペクトラム管理者、妨害電波対策エンジニア、ネットワーク管理者の問題を解決します。RSA500シリーズは、堅牢でコンパクトなパッケージであり、バッテリー駆動も可能です。RSA600シリーズは同じ機能を持っていますが、商用電源仕様となっており、ラボ環境に適しています。両シリーズとも、小型・軽量でトラッキング・ジェネレータ機能が装備可能な高性能スペクトラム・アナライザです。

両方のシステムのコアとなっているのが、優れた忠実度で40MHz帯域幅を取込む、USBベースのRFスペクトラム・アナライザです。70dBのダイナミック・レンジと7.5GHzの周波数帯域により、目的の信号を優れた確度で測定できます。USBで接続する機器であるため、軽量のWindowsタブレットまたはノートPCとともに使用します。

RSA500シリーズ、RSA600シリーズは、テクトロニクスの従来のスペクトラム・アナライザのプラットフォームとして使用されている強力なソフトウェアであるSignalVu-PCとともに動作します。DPXスペクトラム／スペクトログラムのリアルタイム処理はPCで実行されるため、ハードウェアのコストが抑えられています。

リターン・ロス・ブリッジが内蔵されているため（図1を参照）、オプションのトラッキング・ジェネレータを搭載することで、フィルタ、デュプレクサ、その他のネットワーク・エレメントのゲイン／ロスだけでなく、ケーブル／アンテナのVSWR測定、リターン・ロス、DTF、ケーブル損失をすばやくテストできます。数多くの校正キットも用意されているため、より正確な測定が可能になります。

### まとめ

無線通信システムにおいては、アンテナだけでなく、送信機、受信機、アンテナ間を接続するケーブル・システムも含めて最良の状態であることが必要であり、そうでないとシステム性能に問題が発生します。リターン・ロスやVSWRなどのライン・スイープ測定は、RF、マイクロ波伝送システム、アンテナの検証、電気性能の検証に威力を発揮します。問題が発見されたならば、DTF測定により障害の位置を簡単に特定できます。テクトロニクスのRSA500シリーズ、RSA600シリーズUSBスペクトラム・アナライザとオプションのトラッキング・ジェネレータを使用することで、このような測定がすばやく、効率良く、効果的に行えます。

**お問い合わせ先：**

オーストラリア 1 800 709 465  
オーストリア 00800 2255 4835  
バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777  
ベルギー 00800 2255 4835  
ブラジル +55 (11) 3759 7627  
カナダ 1 800 833 9200  
中央／東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777  
中央ヨーロッパ／ギリシャ +41 52 675 3777  
デンマーク +45 80 88 1401  
フィンランド +41 52 675 3777  
フランス 00800 2255 4835  
ドイツ 00800 2255 4835  
香港 400 820 5835  
インド 000 800 650 1835  
インドネシア 007 803 601 5249  
イタリア 00800 2255 4835  
日本 81 (3) 6714 3010  
ルクセンブルク +41 52 675 3777  
マレーシア 1 800 22 55835  
メキシコ、中央／南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90  
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777  
オランダ 00800 2255 4835  
ニュージーランド 0800 800 238  
ノルウェー 800 16098  
中国 400 820 5835  
フィリピン 1 800 1601 0077  
ポーランド +41 52 675 3777  
ポルトガル 80 08 12370  
韓国 +82 2 6917 5000  
ロシア +7 (495) 6647564  
シンガポール 800 6011 473  
南アフリカ +41 52 675 3777  
スペイン 00800 2255 4835  
スウェーデン 00800 2255 4835  
スイス 00800 2255 4835  
台湾 886 (2) 2656 6688  
タイ 1 800 011 931  
イギリス、アイルランド 00800 2255 4835  
アメリカ 1 800 833 9200  
ベトナム 1 2060128

2016年2月現在



**jp.tek.com**

テクトロニクス／ケースレイインストルメンツ  
お客様コールセンター

**TEL: 0120-441-046** ヨク! 良い オシロ 電話受付時間／9:00~12:00・13:00~18:00  
(土・日・祝・弊社休業日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2017, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX および TEK は Tektronix, Inc. の登録商標です。記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2017年2月 37Z-60958-0