

## スペクトラム・アナライザを使用した 低コストEMIプリコンプライアンス・テスト

電気／電子機器の信頼性、ユーザの安全性を向上させるため、世界中にEMI (Electro-Magnetic Interference、電磁障害) 規制があります。このような規制に適合するため、多くの企業ではEMI認証が必要となる、実際のコンプライアンス・テストを行う特殊なテスト施設によるサービスを受けています。テスト施設は、外部企業（テスト・ハウス）や社内のEMC部門が所有しています。

最新の製品設計では、多くの時間と開発努力がEMI低減のために使われています。多くのエンジニアは優れた設計手法を採用し、EMIの問題となる可能性を最小にしています。製品をコンプライアンス・テストに出す前に、設計／プロトタイプの段階でプリコンプライアンス測定を行い、可能性のあるEMI問題を検出し、特定するのが一般的です。こうすることで、テスト・サイトで製品のフル・コンプライアンス・テストを行った場合に不合格となるリスクを軽減できます。

基本的なプリコンプライアンス・テストを行うことで、認証サイトでの時間と費用を抑えることができます。また、製品を正式なテストに送り出す前に、仕様から外れてしまう条件を特定することもできます。テスト・サイトで製品がエミッション・テストに不合格となった場合、社内のラボでテストすることで問題の領域を系統的に切り分け、さまざまな修正を施すことができます。

テクトロニクス社のRSA306型USBリアルタイム・スペクトラム・アナライザの登場により、プリコンプライアンス・テストが簡単に、低コストで行えるようになりました。このアプリケーション・ノートでは、EMIコンプライアンス・テスト、プリコンプライアンス・テスト、測定の概要について説明します。RSA306型または同様の低コスト製品によるテスト・セットアップを使用して、放射測定、伝導測定の両方を行います。これにより、製品がEMI認定されるまでの費用を抑え、スケジュールを短縮することが可能になります。

### コンプライアンス・テスト

コンプライアンス・テストは、国際規格に適合したテスト方法、機器、測定サイトで実施する必要があります。一般的に、コンプライアンス・テストは機器の生産前の設計認証の一部として行います。コンプライアンス・テストには手間と時間がかかります。この段階での不具合は、再設計によるコストの増加や製品発表時期の遅れにつながります。

**放射エミッション**は、電子デバイスから放射される、意図的および意図的ではない両方の電磁エネルギーを意味します。この問題に対処するために行うのが放射テストであり、DUTからの放射が規制値以下であることを確認します。

**伝導エミッション**は、電子デバイスで生成される電磁エネルギーがAC電源ケーブルを伝わることによって発生するメカニズムを意味します。放射エミッションと同様、電子デバイスからの許容される伝導エミッションは、さまざまな規制団体によって管理されています。

認証されたフル・コンプライアンス・テスト・ラボが社内がない限り、設計段階で外部の認証機関に製品のテストを依頼することになります。EMCの認証機関は世界中に数多くあります。米国では、FCCがコンプライアンス・テスト認証ラボのリストを管理しています。

認証ラボでのフル・コンプライアンス・テスト費用は高額であり、10万～30万円/日にもなります。社内にフル・コンプライアンス・テストが行えるラボを持っていたとしても、コンプライアンス・テストには長い時間が必要になります。テストで不合格になった場合、再設計が必要になるとコストと時間がかかることとなります。コンプライアンス・テストで不合格になるリスクを最小限に抑えるためには、できる限りプリコンプライアンス・テストを行います。



図1. フル・コンプライアンス・テストが可能な施設は高価であり、レンタル料も高額である。このような施設の利用を最小限に抑えることは、コストおよびスケジュールの観点から重要である（イメージ出典：Microwave Vision Group）

### コンプライアンス・テスト施設

コンプライアンス・テストでコストのかかるものとしては、施設と、テストを実行するための機器があります。正式なテストには、以下が必要になります。

- 大型のテスト用電波暗室を備えたEMCラボ（図1を参照）
- 10次までの高調波、または40GHzまでテスト可能な準尖頭値検波器/プリアンプを装備したEMIレシーバ
- アンテナ・マストと、360°のターン・テーブル
- アンテナ・マスト、ターン・テーブル、EMIレシーバなどのテスト機器をコントロールし、レポートを作成するEMIソフトウェア
- アンテナ
- LISN (Line Impedance Stabilization Network、電源インピーダンス安定化回路網) と、トランジェント・リミッタ (AC伝導測定が必要な場合)

## スペクトラム・アナライザを使用した低コストEMIプリコンプライアンス・テスト

### 認証テスト・ラボのテスト結果

EMIテスト・ハウスは、校正された電波暗室で放射測定を行い、電界強度の結果をレポートにします。このレポートの例（図2）では、この規格の制限を上回るピークが1つ確認できます。通常、レポートには表形式の情報（図3）も含まれます。

図3の例では、テスト周波数、測定された振幅値、校正された補正係数、補正された電界強度が記載されています。補正された電界強度の値が仕様のリミット値と比較され、マージンまたは超過として示されます。

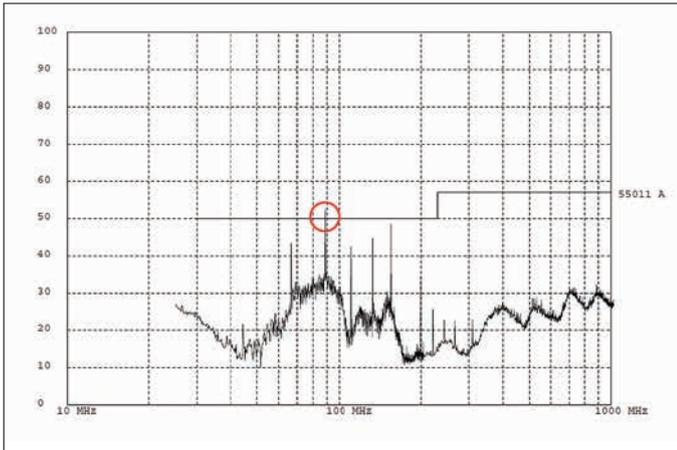


図2. 90MHz付近で不合格になったコンプライアンス・テストの例

Frequency (MHz)	Ampl. (dBμV)	AntFact (dB/m)	Ant. Pol.	Preamp (dB)	Cab.+Atten Loss	Chamber (dB)	Adjusted (dBμV/m)	Spec (dBμV/m)	Margin (dB)
66.5540	61.3	6.6	Hor.	27.9	0.7	2.8	43.5	50.0	6.5
84.5338	45.8	7.5	Hor.	27.8	0.8	8.7	35.0	50.0	15.0
88.7291	64.6	7.9	Hor.	27.8	0.8	6.8	52.3	50.0	-2.3
110.9042	59.0	7.6	Hor.	27.6	1.0	2.6	42.5	50.0	7.5
133.0795	62.1	7.3	Hor.	27.2	1.0	1.7	44.8	50.0	5.2
155.0557	64.8	8.6	Hor.	27.0	1.1	1.0	48.5	50.0	1.5

図3. データを見ると、図2の不合格は約89MHzで発生していることがわかる

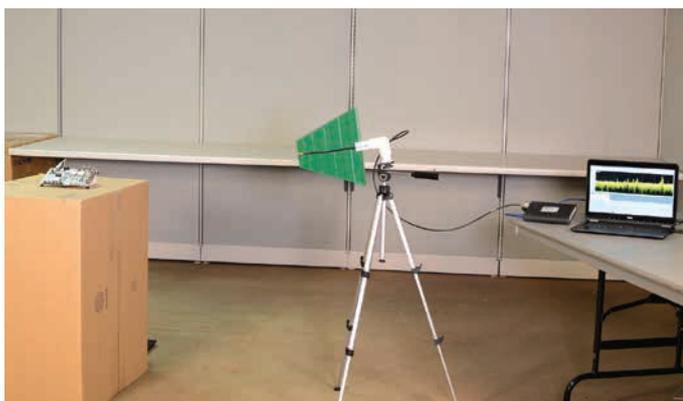


図4. 手頃な価格のプリコンプライアンス・テストは、問題が発生する可能性がある箇所の確認を簡単に行えるので、高額なコンプライアンス・テスト施設でのテスト時間を大幅に短縮できる

## プリコンプライアンス・テスト

EMC (Electromagnetic Compatibility: 電磁環境適合性) では、設計と検証の各段階で、異なった機器と技術を必要とします。開発の初期段階では、EMCのための設計テクニックと検証作業がノイズの放射レベルを下げ、外部および内部からの干渉に対する耐性を高めます。プリコンプライアンス・テストを行うことで、早期に問題を発見し、再設計することなくフルEMCコンプライアンスで合格する確率を大幅に上げることが可能になります。初期のコンプライアンス・テストで問題が特定された場合、プリコンプライアンス・テストを行うことによって低コストで設計変更の効果が検証できます。

プリコンプライアンス・テストは、国際規格への適合性を確認するために行うのではなく、目的としては潜在的な問題を見つけ出し、高額なコンプライアンス・テストで不合格になる可能性を下げるために行います。テスト結果に十分なマージンがある場合は、コンプライアンスに適合したレシーバよりも低い確度、ダイナミック・レンジの機器、およびコンプライアンスに適合していない機器も使用できます。プリコンプライアンス・テストでは、以下が必要になります。

- ピーク検波器 (オプションで準尖頭値) を備えたスペクトラム・アナライザ
- プリアンプ (オプション)
- 放射エミッション用の非金属スタンドを持ったアンテナ
- 伝導エミッション用のLISN (Line Impedance Stabilization Network)
- 伝導エミッション用のパワー・リミッタ
- 診断用の近接界プローブ

プリコンプライアンス・テストには、認証ラボにおいて短時間で問題のある箇所を特定するための高速測定と、設計ベンチ上でエンジニアによって実施される簡易テストがあります。

国	規制認証団体
米国	FCC (Federal Communications Commission)
カナダ	CC (Industry Canada)
日本	総務省
中国	MIIT (Ministry of Industry and Information Technology)

表1. 規制機関

テスト・サイトを選ぶ場合、外部の信号源の影響がない場所が適しています。郊外、会議室、または地下室などは、測定しようとしているDUTからの放射をマスクしてしまうような信号のレベルが低いために最適です。

汎用フィルタ/検波器を備えた、テクトロニクスRSA306型などの汎用スペクトラム・アナライザは、プリコンプライアンスで頻繁に使用されています。高速な測定ツールであり、設計用の設備を流用できるため、追加の設備投資が不要です。

## EMI測定のための スペクトラム・アナライザの設定

EMI測定で使用されるスペクトラム・アナライザには、信号レベルを求めるための受信帯域幅、信号検出方法、アベリッジ方法が規定されています。EMI測定の多くは、国際標準化機構のIEC (International Electrotechnical Commission、国際電気技術委員会) の技術機関であるCISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques、国際無線干渉特別委員会) によって規定された測定手法を採用しています。日本のTELECなど他の規格団体や認証団体でも、測定手法および認証技術を持っています。アメリカ国防総省は、軍装備品に対して特別な要求項目を持ったMIL-STD 461Eを策定しました。

その他の要件は国際規格で規定されるものではなく、地域ごとの規制によってのみ決まります。各地域もしくは国の運用において、規制が追加されることがあります。詳細については、国ごとの規制機関を参照してください。表1に、主な国の管轄規制機関のリストを示します。

## スペクトラム・アナライザを使用した低コストEMIプリコンプライアンス・テスト

周波数レンジ	帯域幅 (6dB)	基準帯域幅
9kHz~150kHz (Band A)	100Hz~300Hz	200Hz
0.15MHz~30MHz (Band B)	8kHz~10kHz	9kHz
30MHz~1000MHz (Band C、D)	100kHz~500kHz	120kHz
1GHz~18GHz (Band E)	300kHz~2MHz	1MHz

表2. CISPR 16-1-1で規定された帯域対周波数

周波数レンジ	帯域幅 (6dB)
10Hz~20kHz	10、100、1000Hz
10~150kHz	1、10kHz
150kHz~30MHz	1、10kHz
30MHz~1GHz	10、100kHz
1~40GHz	0.1、1.0、10MHz

表3. ANSI C63.2によるピーク、アベレージおよびRMS検波器で規定された帯域対周波数

周波数レンジ	帯域幅 (6dB)
30Hz~1kHz	10Hz
1kHz~10kHz	100Hz
10kHz~150kHz	1kHz
150kHz~30MHz	10kHz
30MHz~1GHz	100kHz
1GHz以上	1MHz

表4. MIL-STD-461Eで規定された帯域対周波数

### 分解能帯域幅 (RBW)

測定帯域幅は、レシーバでは帯域フィルタの形状、スペクトラム・アナライザではRBW (分解能帯域幅) フィルタで定義します。帯域幅を設定することにより、スペクトル内で検出された信号を代表した値が表示されます。帯域幅の設定は受信周波数によって異なります。

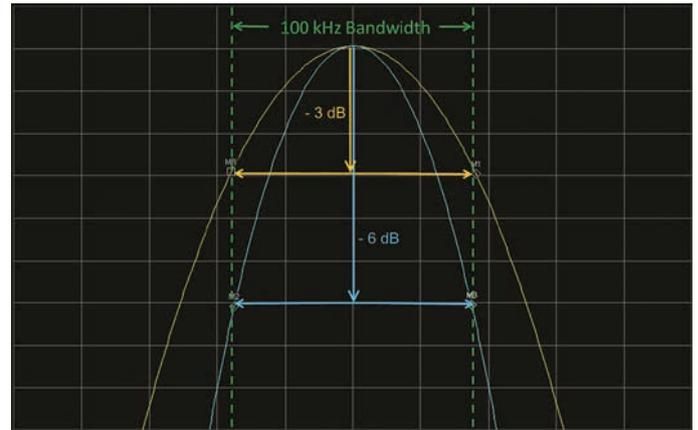


図5. ほとんどのEMI規格は6dB帯域幅で定義されている。3dB帯域幅とは大きく異なった結果になる

レシーバまたはスペクトラム・アナライザで測定した不連続な信号のレベルは、使用する測定帯域によって変化します。規格策定機関では、一定の結果を得るために、コンプライアンス測定で使用する帯域とフィルタ特性の形状を定義しています。CISPRで定義されているピーク、RMS、アベレージ検波器のフィルタ帯域を、表2に示します。ANSI (American National Standards Institute) とMIL-STD-461Eの帯域は、それぞれ表3、表4に示します。

-3dBと-6dBのフィルタ形状の違いを、図5に示します。どちらのフィルタ形状もガウシアンですが、幅が異なります。測定フィルタ帯域は、ピークからある程度パワー・ダウンしたところで規定されています。したがって、100kHz、-3dBフィルタは図5の黄色の波形で示されており、ピークから3dBダウンしたポイントが100kHz幅となっています。100kHz、-6dBフィルタは同じ帯域幅ですが、ピークから6dBダウンしています。

ほとんどのスペクトラム・アナライザは、EMIテスト以外の測定では、一般にRBWフィルタを-3dBにしています。しかし、ほとんどのEMI測定、CISPR 16-1-1、ANSI、MIL-STD-461Eではすべて-6dBフィルタが使用されています。

フィルタ形状によって測定は異なるため、これは重要です。-3dBと-6dBのフィルタでは信号ピークのレベルは同じですが、-6dBのフィルタでは同じRBW設定でも-3dBのフィルタよりも測定されるノイズは小さくなります。

### 検波方式

検波器は、特定のサンプル間隔における信号の一点を計算します。検波方法は、電圧の正または負のピーク、RMSまたは平均値、QP（準尖頭）値を計算します。コンプライアンス・ラボでは、フル・コンプライアンス・テストにおいてQP検波器を使用しますが、プリコンプライアンス・テストではシンプルなピーク検波でより控えめなマージンをとります。EMI部門または外部機関は、規定された上限に近づくか超えるような問題を見つけるため、まずシンプルなピーク検出器を使用してスキャンします。上限に近づくか超えるような信号では、QP検波で測定します。QP検波は、EMI測定規格で規定されている特殊な検波方法です。QP検波器は、信号の持続時間と繰返しレートによって信号を加重して、信号のエンベロープの加重ピーク値（準尖頭値）を検波します。頻繁に発生する、または長く続く信号は、間欠的な短いインパルスに比べてQP検波の測定結果は高くなります。

ピーク検波とQP検波の例を、図6に示します。ここでは、 $8\mu\text{s}$ パルス幅で10ms繰返しレートの信号におけるピーク検波とQP検波の差が比較できます。QP値は、ピーク値より10.1 dB小さくなっています。

QP検波の値は常にピーク検波以下であり、決してピーク検波より大きくなることはありません。RSA306型はピーク検波機能を備えており、EMIのトラブルシューティング、診断に使用できます。すべて相対的であるため、EMI部門のように正確である必要はありません。認証機関のレポートにおいてDUTがリミットを3dB超え、ピーク検出測定では6dB超えていた場合、ピーク検波の値が3dB低くなるように設計を修正する必要があります。

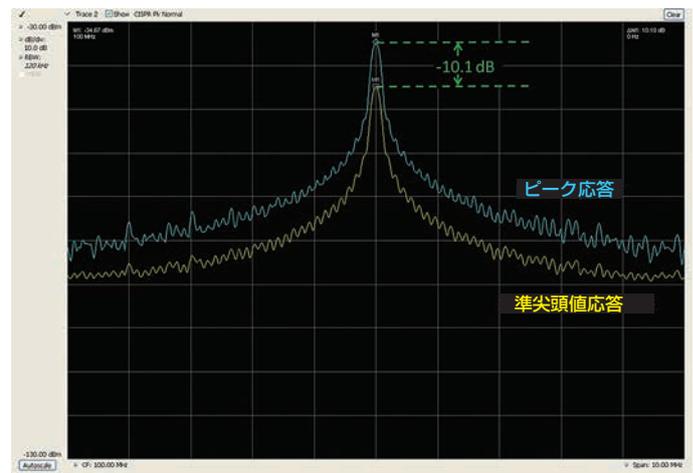


図6. 準尖頭値応答は常にピーク検波以下であり、ピーク検波より大きくなることはない。したがって、EMIのトラブルシューティング、診断にはピーク検波が使用できる

### ビデオ・フィルタ

EMI測定ではビデオ・フィルタを規定していますが、本来スペクトラム・アナライザ測定におけるノイズ変動の影響を減少させるための方法でした。ビデオ・フィルタという名前は、スペクトラム・アナライザの検波出力と、CRTのY軸アナログ・ドライブ入力間にローパス・フィルタを挿入したことに由来しています。RTSAや最新のスペクトラム・アナライザでは、信号上のノイズをスムージングするためにデジタル技術を使用しています。EMI測定のほとんどの場合、ビデオ・フィルタはオフに設定するか、あるいはRBWよりVBW（ビデオ帯域幅）が3倍以上大きいビデオ・フィルタを使用します。

### 放射を目的とする機器の測定

無線技術の普及が進んだ結果、サーモスタット、コーヒー・メーカー、歯ブラシなど、さまざまな製品にも無線機能が追加されるようになってきました。この技術革新において問題となるのは、製品の製造メーカーがこの新しい無線機能をどのように正しく製品に組み込むかを学ぶ必要があるということです。EMIの観点から見ると、放射を目的とする機器のテストが必要になります。放射を目的とする機器とは、その機能を発揮するために（赤外線や超音波エネルギーではなく）無線エネルギーを送信するデバイスです。放射を目的とする機器には、以下のようなものがあります。

- 携帯電話
- 市民無線（CB）
- トランシーバ
- 無線接続
- Bluetooth機器
- 短距離伝送機器
- 無線キーアクセス・システム
- アクティブNFC（Near Field Communications）とRFID（Radio Frequency Identification）システム

どの装置も、機能の実現のために電波の放射が必要です。これらのデバイスは意図的に無線スペクトラムを使用するため、常にFCCなどによる機器認証が必要になります。放射を目的とするデバイスであっても、意図しない放射に対するテスト要件が必要になります。デバイスが使用される用途以外の周波数放射は、内部回路のために発生することがあります。

この種のテストのためにスペクトラム・アナライザを選択する場合、デバイス内で発生する放射信号の少なくとも3次の高調波が取込めるような計測器を選ぶ必要があります。放射を目的とする



図7. ビルの地下に設置したプリコンプライアンス・テストのセットアップ例

機器のためのテスト・セットアップは、放射エミッションのセットアップと同じです。しかし、この場合の周波数はWiFi、Bluetoothなどの規格で規定されている放射周波数と周波数マスクで制限されています。当社は、WiFiを例にした測定の詳細に関するアプリケーション・ノートをご用意しています。<sup>1</sup>

### 導入事例：放射エミッション測定

このプリコンプライアンス・テストでは、1mほどの距離をとっています。DUTとテスト・アンテナ間の距離を短くすると、DUTの信号強度とRFバックグラウンド・ノイズの比率が大きくなります。しかし、近傍界テストの結果は、EMIコンプライアンス・テストで使用される遠方界テストの結果には直接結びつきませんので、注意深く結論を出す必要があります（「近傍界と遠方界の測定」の項を参照）。プリアンプを入れることで、DUTの信号レベルを相対的に上げることができます。セットアップのブロック図を図8に示します。

<sup>1</sup>「無線LAN機器を技術基準 / 無線規格に適合させるためのプリコンプライアンス」。  
[http://info.tek.com/rs/tekonix/images/MDO4000B\\_WLAN\\_Application\\_Note.pdf](http://info.tek.com/rs/tekonix/images/MDO4000B_WLAN_Application_Note.pdf)

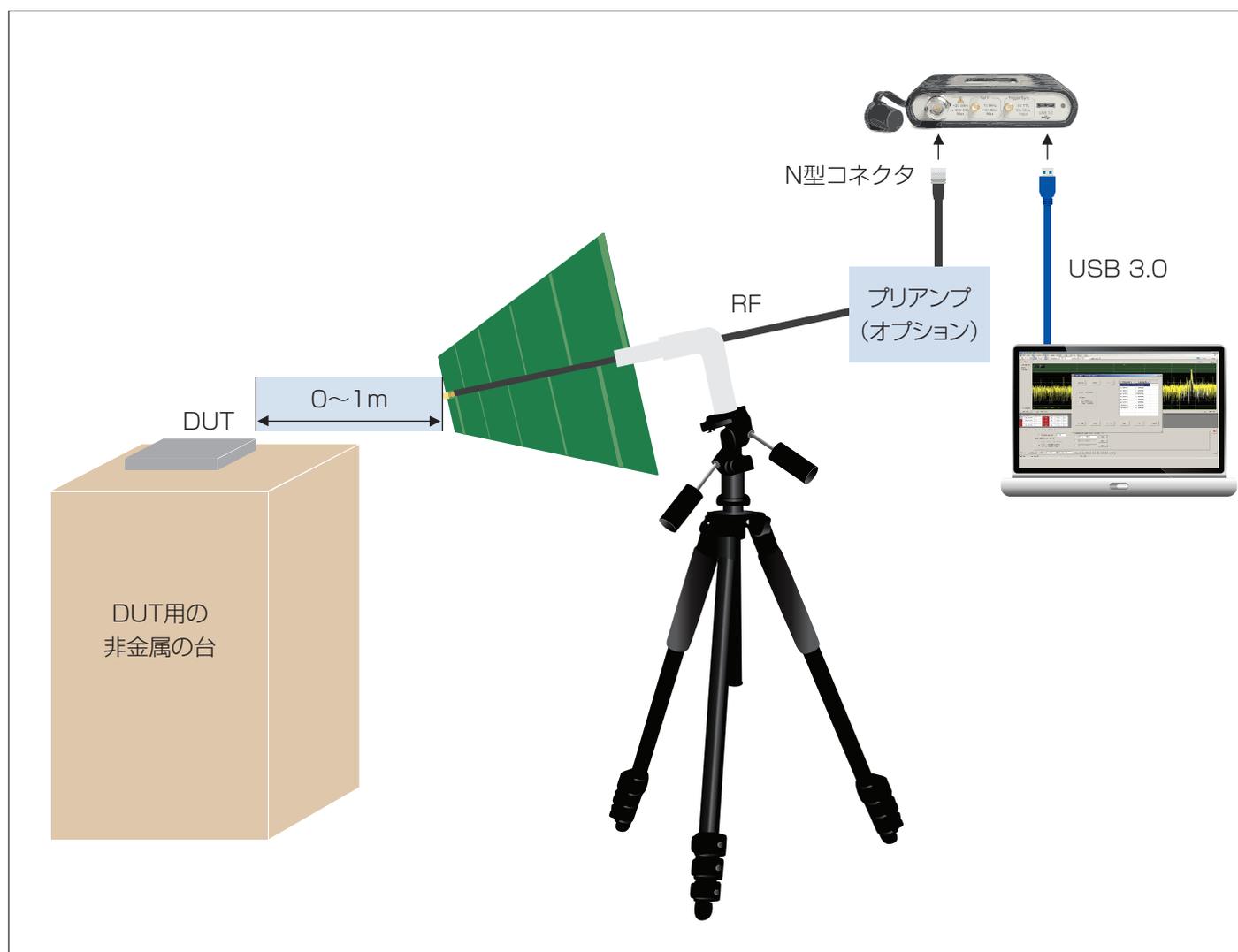


図8. プリコンプライアンス放射エミッション・テスト・セットアップのブロック図

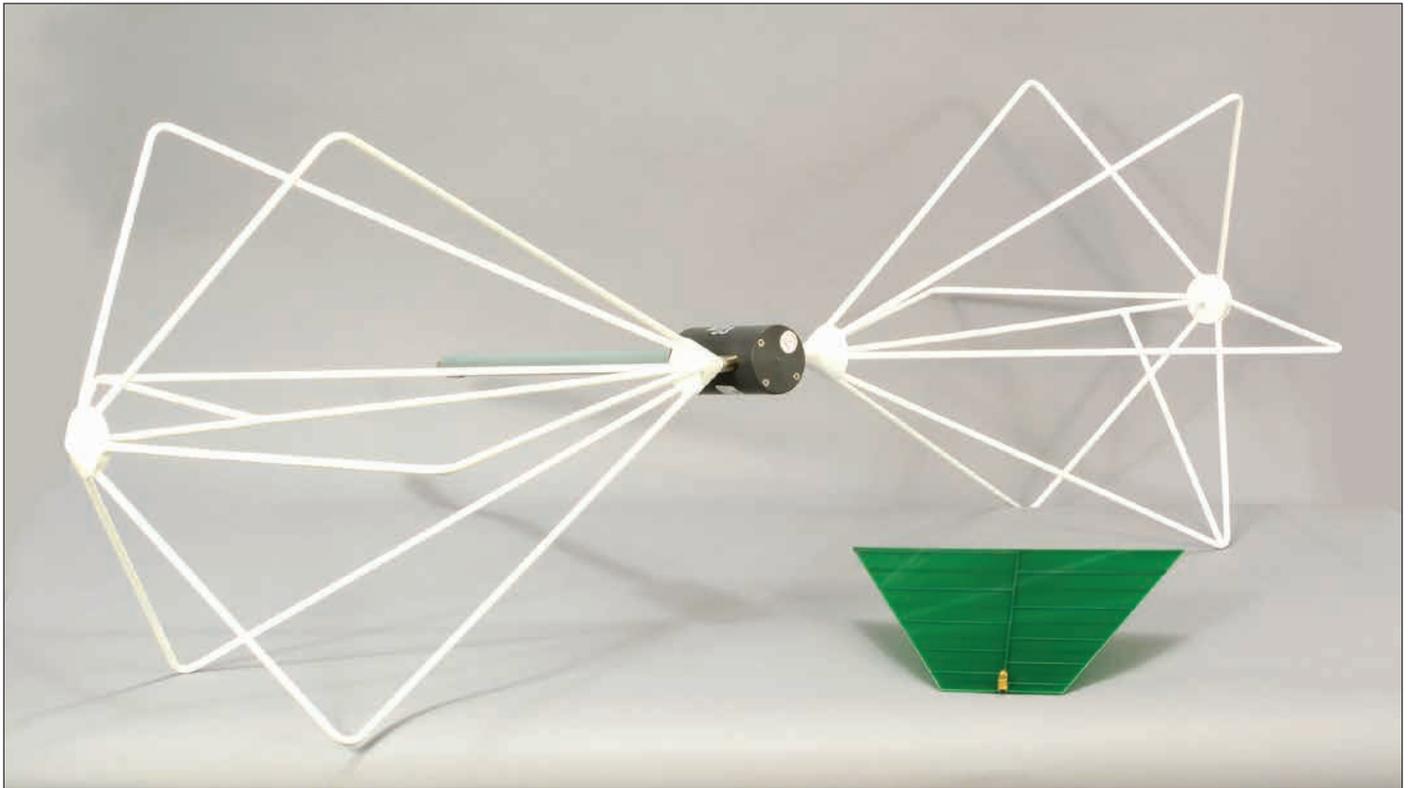


図9. テスト・アンテナ。エレクトロ・メトリクス社製EM-6912Aバイコニカル・アンテナと、プリント基板ログペリ・アンテナ (www.wa5vjb.com)

## アンテナの選択

この測定では、3種類の低コスト・プリント基板ログペリ・アンテナ2と、バイコニカル・アンテナを使用します。このアンテナを三脚に取り付けると、簡単に操作できます。アンテナ係数(AF)とケーブル損失をRSA306型に入力することにより、電界強度を補正できます(図10を参照)。バイコニカル・アンテナは、20~200MHzの周波数で使用します。20~200MHzの長波長では大きなアンテナが必要になり、無線放送周波数も数多く含んでいるため、バックグラウンド・ノイズも問題となります。

## 環境とテスト結果の評価

アンテナ係数とケーブル損失をRSA306型に入力し、ピーク検波器をオンにしてリミット・ラインを設定します。リミット・ラインは、テスト環境に合わせて調整しました。

DUTの電源を入れる前に、テスト環境を検証し、評価することが重要になります。リミット・ラインと周囲のノイズ・フロアの間には十分な余裕がありますか。低減可能な既知の信号はありますか。より静かな環境にテスト・セットアップを移動する必要はありますか。

X: Frequency	Y: Loss (Atten)
400.0000 MHz	19.80000 dB
450.0000 MHz	17.70000 dB
500.0000 MHz	18.20000 dB
600.0000 MHz	19.80000 dB
700.0000 MHz	21.20000 dB
800.0000 MHz	22.30000 dB
900.0000 MHz	23.30000 dB
1.000000 GHz	24.20000 dB
1.050000 GHz	24.70000 dB

図10. 400MHz~11GHzの周波数範囲をカバーするために低コストのプリント基板ログペリ・アンテナを使用し、RSA306型でアンテナ・ファクタを追加

<sup>2</sup> 低コスト・プリント基板ログペリ・アンテナと独創的な取付方法の概要については、Ken Wyattの“The EMC Blog” (<http://www.edn.com/electronics-blogs/the-emc-blog/4403451/PC-board-log-periodic-antennas>) をご参照ください。

## アプリケーション・ノート

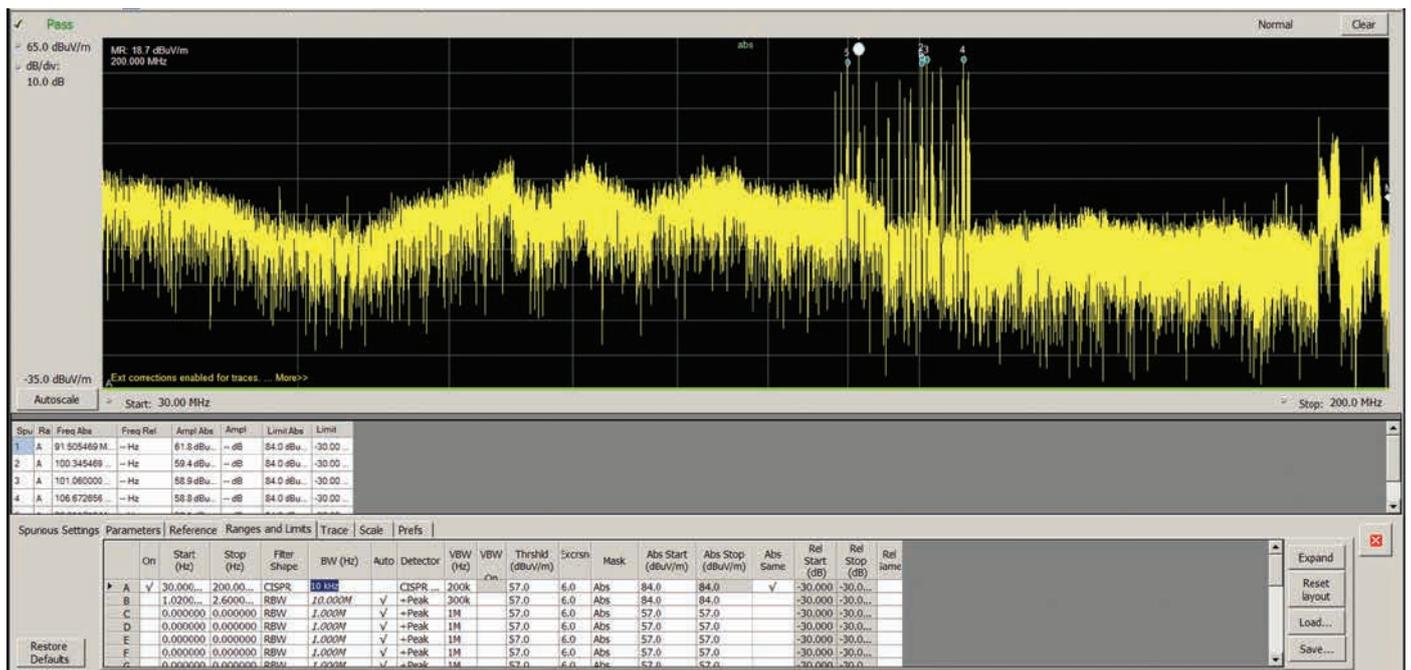


図11a. 環境バックグラウンドの測定結果。放送信号がVHF帯にはっきりと確認できる

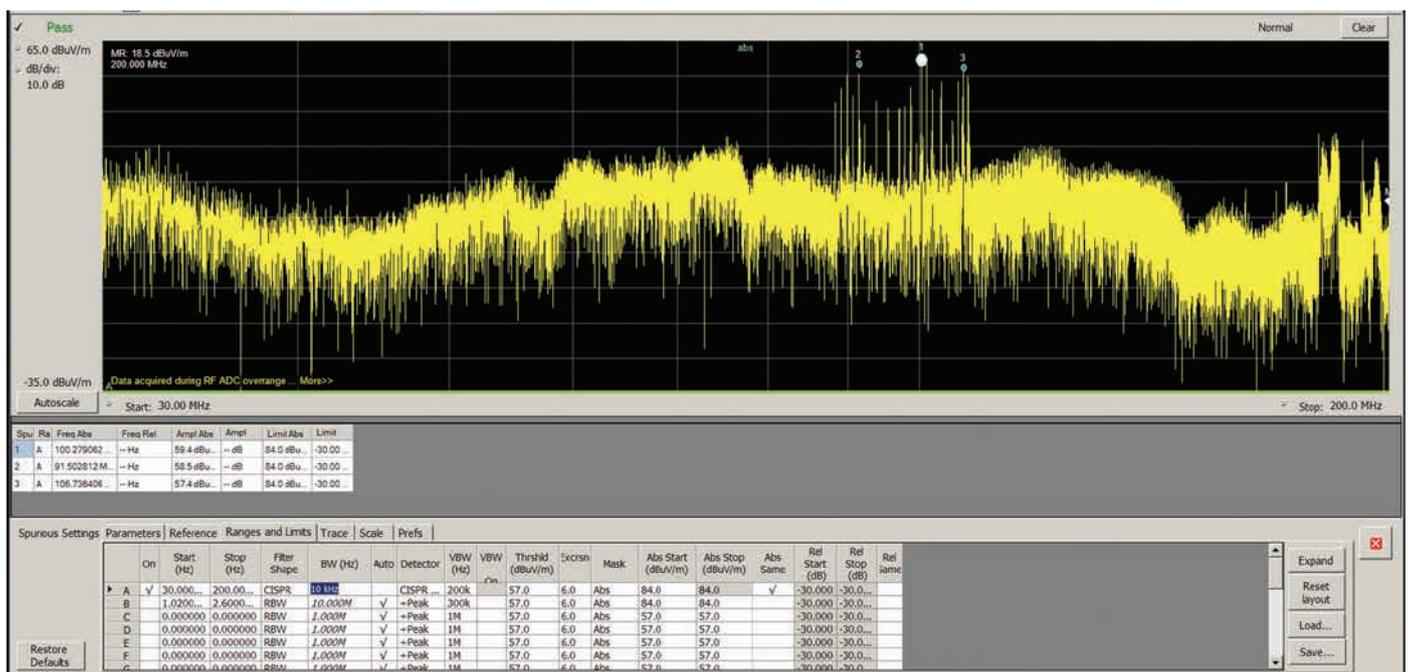


図11b. DUTのテスト結果。DUTがリミットを超えるような条件はない

バックグラウンド・ノイズが良好ならば、DUTの電源をオンにします。2つの測定の差が、DUTからの放射になります（図11bを参照）。

このテストでは、EMIコンプライアンス・テストに合格しているテクトロニクス製のWi-Fiデモ・ボードを使用したため、エラーは検出されませんでした。正しくセットアップし、リミット・ラインに近づかないようであれば、コンプライアンス・テストを受ける準備ができたことを意味します。

この段階で問題が見つかった場合は、より詳細な検証と設計変更が必要となります。RSA306型には、プリコンプライアンス測定と診断のための機能が備わっています。問題となる信号は、DUTの設計に精通しているエンジニアが特定できるかもしれません。近接界プローブも便利です。近接界プローブについては次の章で説明します。

## 近傍界と遠方界の測定

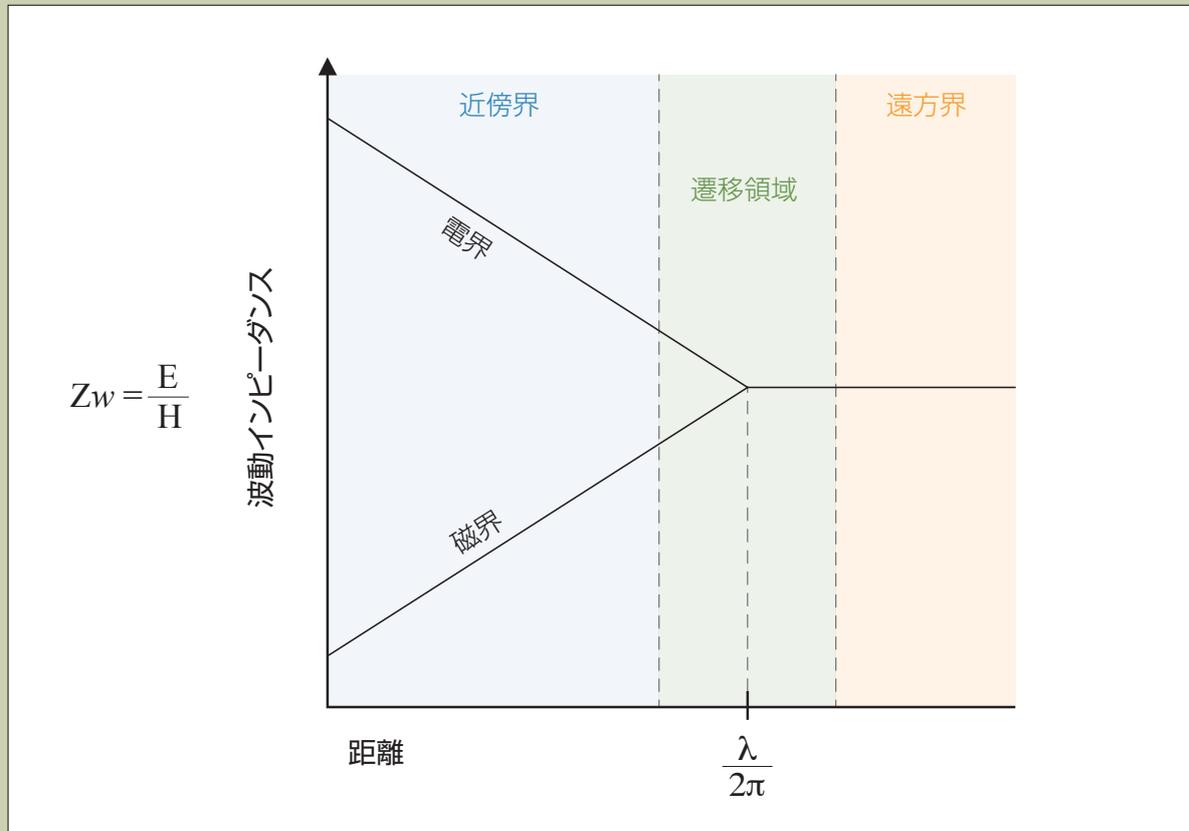


図12. 近傍界における波動インピーダンスは、信号源の性質と信号源からの距離によって決まる。遠方界では、インピーダンスは一定となる

フルEMIコンプライアンス・ラボでは、EMIレシーバと十分に校正されたアンテナを使用し、3mまたは10mの距離で電子デバイスをテストします。別な言い方をすると、遠方界での測定になります。テストで使用される電波暗室は不要なRF信号を排除または大幅に低減するように設計されているため、DUTのEMI信号のみが測定されます。

プリコンプライアンス・テストでは、RFバックグラウンド・ノイズが最小になるように注意を払いますが、それでもバックグラウンド・ノイズは大きくなります。テスト・アンテナとDUTの距離を近くすると、DUTの信号レベルはRFバックグラウンド・ノイズに比べて大きくなります。

図12は、近傍界、遠方界、その遷移ゾーンにおける波動インピー

ダンスの様子を示しています。近傍界では、磁界が支配的な領域から電界が支配的な領域まで波動インピーダンスの範囲が広がっています。近傍界測定はトラブルシュートのために行われます。これは、近傍界測定によりエネルギー源が特定でき、特殊なテスト・サイトがなくても実行できるためです。

しかし、コンプライアンス・テストは遠方界で実行します。近傍界測定から遠方界のエネルギー・レベルを予測するのは困難です。これは、遠方界信号の強度が、信号源の強度だけでなく、放射メカニズムやシールド、フィルタリングなどによっても異なるためです。経験的には、遠方界で信号が観測できれば、同じ信号は近傍界でも観測できます。しかし、近傍界で信号が観測できても、同じ信号を遠方界で測定できるとは限りません。



図13. 伝導エミッション・プリコンプライアンス・テストの基本的なセットアップ例

### 導入事例：伝導エミッション測定

図13に、伝導エミッション・テストのためのプリコンプライアンス・テストのセットアップ例を示します。DUTは、ノートPC用のACアダプタです。

### LISN (Line Impedance Stabilization Network、電源インピーダンス安定化回路網)

注意！スペクトラム・アナライザの入力とLISNとの接続は、電源とLISNとの接続を切る前に切り離す必要があります。LISNからの放電電流によって、スペクトラム・アナライザのフロント・エンドが損傷する危険性があります。

伝導エミッション測定では、アンテナの代わりにLISN (Line Impedance Stabilization Network、電源インピーダンス安定化回路網) を使用します。LISNはACまたはDC電源とDUTの間に置くものであり、DUTに対して一定のインピーダンスを提供し、RFノイズを測定ポートに出力します。また、電源から侵入する不要なRF信号を遮断します。プリアンプを入れることでDUTの信号レベルを相対的に上げることもできます。セットアップのブロック図を図14に示します。

50または60Hzの電源を伝導する干渉ノイズが問題になることがあります。ほとんどのEMIテストは、測定周波数を9kHz~1GHzに規定していますが、必要に応じて低い周波数でも測定できると便利な場合があります。RSA5100シリーズ・リアルタイム・スペクトラム・アナライザは1Hz以下の周波数レンジまでカバーできるため、低周波測定に適しています。

最良の伝導EMI測定のためには、2台のLISNを使用し、一台はDUTで規定されているインピーダンスに、もう一台はスペクトラム・アナライザまたはレシーバに接続します。LISNを使用しないよりは1台の方がよいですが、2台使用するのがベストです。

<sup>3</sup> Solar Electronics社製Type 8028-50-TA-24 BNC LISNを使用しました。  
<http://www.solar-emc.com/LISN.html>

# スペクトラム・アナライザを使用した低コストEMIプリコンプライアンス・テスト

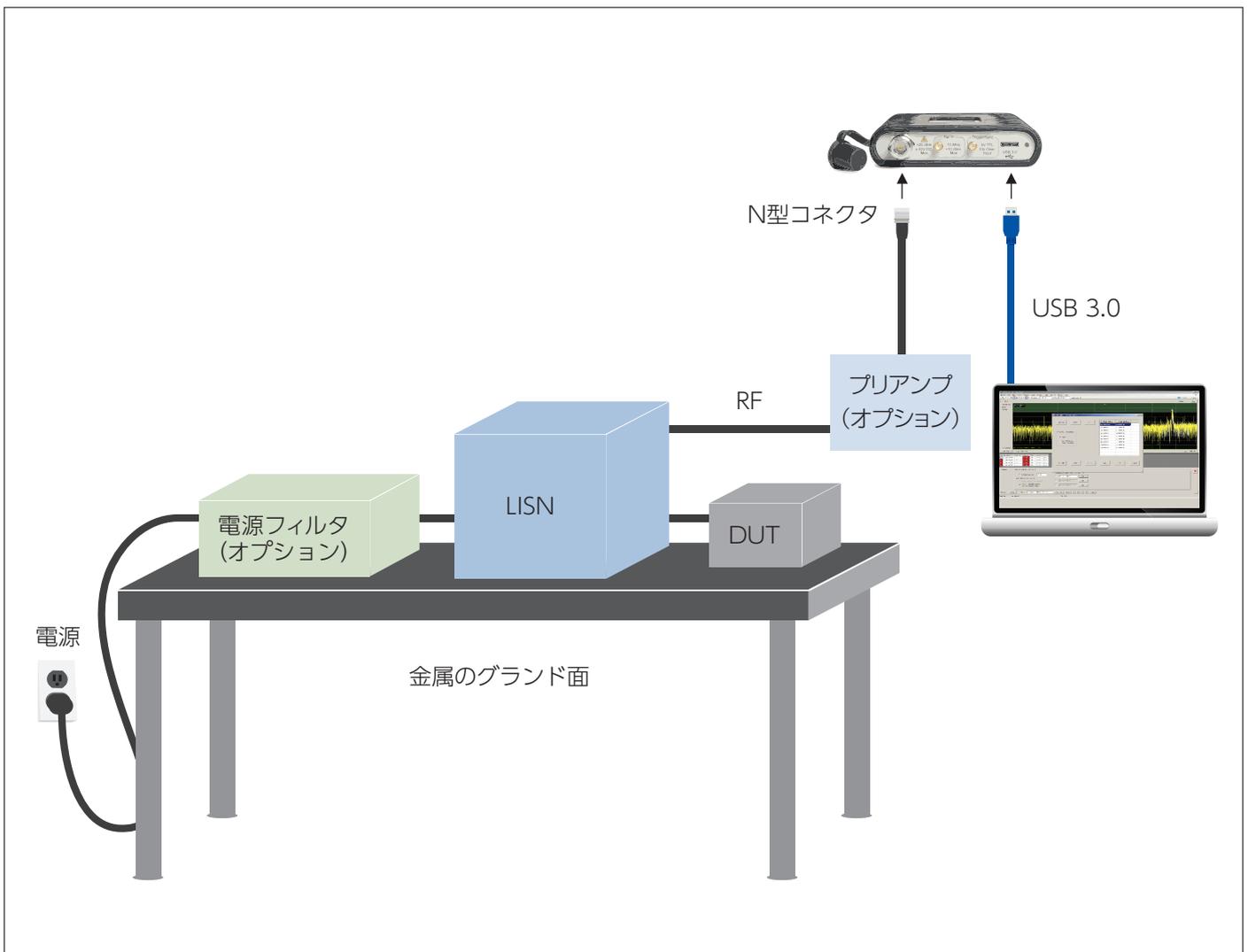


図14. 伝導エミッション・プリコンプライアンス・テストのブロック図

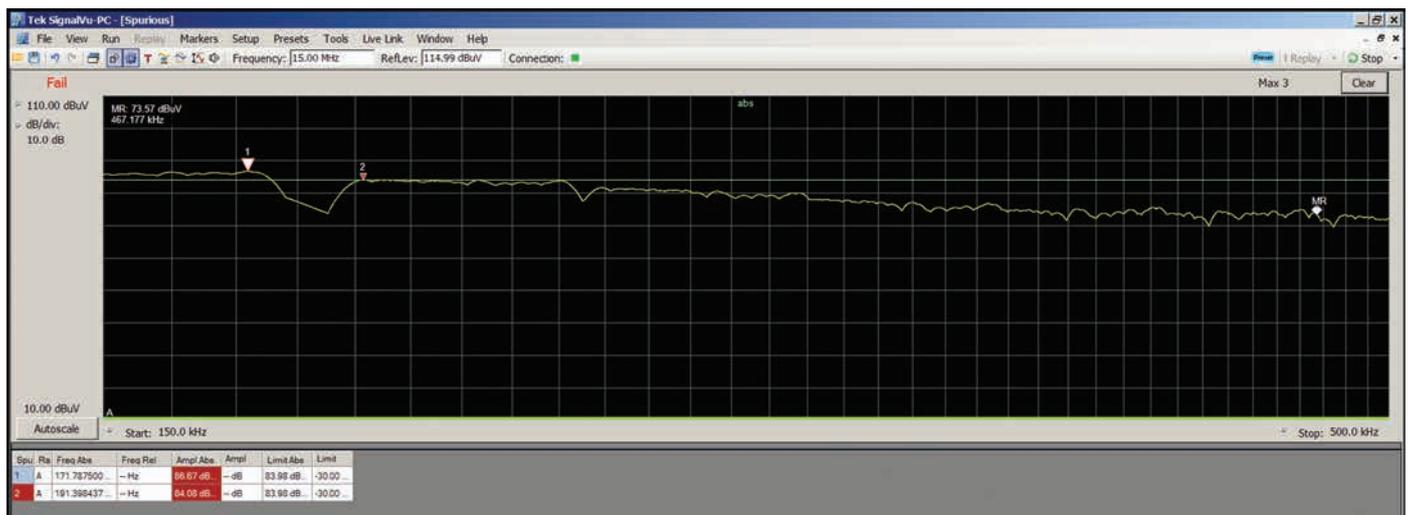


図15. 伝導エミッション・テストの例。低い周波数でリミットを外れている

## 電源フィルタ

伝導測定では、電源からバックグラウンド・ノイズが入ります。LISNにはある程度のアイソレーション機能がありますが、追加の電源フィルタが必要になることがあります。この測定では、主にビルの電源からのノイズが支配的でした。電源フィルタ<sup>4</sup>を追加すると、入ってくるノイズを大幅に低減できます。

## 環境とテスト結果の評価

まずLISNの補正係数をRSA306型に入力し、ピーク検波をオンにしてリミット・ラインを設定します。繰り返しになりますが、DUTの電源を入れる前に、テスト環境を検証し、評価することが重要になります。リミット・ラインとノイズ・フロアの間には十分な余裕がありますか。電源フィルタを入れる必要はありませんか。

バックグラウンド・ノイズの結果がよければ、DUTの電源を入れ、次にLISNの出力をスペクトラム・アナライザに接続します。**必ずこの順番にします**。2つの測定の差が、DUTからの放射になります（図15を参照）。

この伝導測定で使用したDUTは、インターネット経由で購入した低価格のノートPC用電源でした。電源の負荷として、スペアのノートPCを使用しました。ここで不良が観測できました。図15に示すように、DUTの伝導エミッションは約172kHzでリミットを越えています。RSA306型には、プリコンプライアンス測定と診断のための機能が備わっています。問題となる信号は、DUTの設計に精通しているエンジニアが特定できるかもしれません。繰り返しになりますが、近接界プローブがあると便利です。正しくセットアップし、リミット・ラインに近づかないようであれば、コンプライアンス・テストを受ける準備ができたことを意味します。

<sup>4</sup> Filter Concepts社製のSX30を使用しました（[http://www.filterconcepts.com/ac\\_filters.html](http://www.filterconcepts.com/ac_filters.html)）。

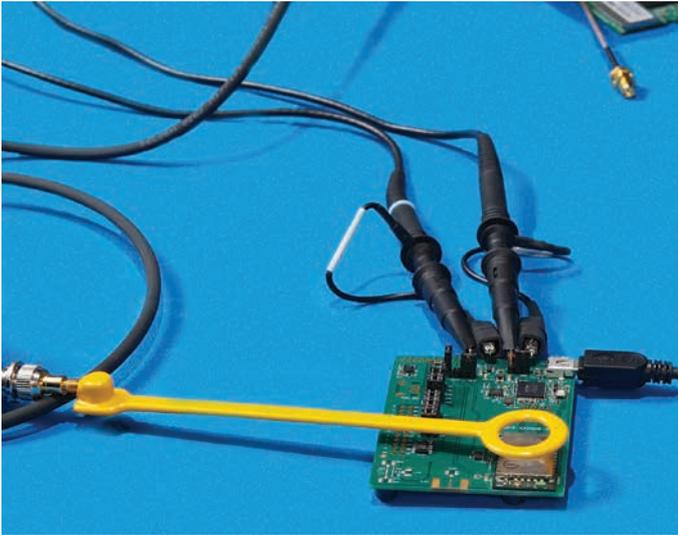


図16. 近接界プローブを使用すると、不要なRFエミッションの位置を特定できる

### 近接界ツールによるデバッグ

基本的に、遠方界での試験は全体としての製品の合否を正確に判定することはできませんが、問題点をピンポイントに特定することはできません。遠方界の試験だけでは、金属筐体の開口部から大きなRFエネルギーが漏れているのか、ケーブルから過大なRFエネルギーが放射されているのかなど、特定のコンポーネントまたは位置まで特定できません。このような放射源を特定するには、スペクトラム・アナライザと近接界プローブを使用して近傍界テストを行います。

EMI用の近接界プローブは、特定のエリアの電界(E)または磁界(H)を取込むための電磁ピックアップであり、スペクトラム・アナライザで使用します。プローブの製造メーカーは、大きさ、感度、周波数範囲など、さまざまな組み合わせのプローブ・キットを提供しており、問題解決に適したサイズのプローブを用意する必要があります。磁界または電界のプローブ選択は、回路内の信号の位置、または信号源の性質（電圧源または電流源）を元に決定します。例えば、金属シールドのために電界が抑え込まれている場合は、磁界プローブを使用する必要があるかもしれません。近接界プローブは、被測定デバイス近くの信号を拾うのに必要になります。近接界プローブを使用したEMI問題のトラブルシューティングの詳細については、当社のアプリケーション・ノートをご覧ください。<sup>5</sup>

### まとめ

EMIコンプライアンス・テストで不合格になると、追加のコストが必要になり、製品の開発スケジュールに影響を及ぼすことがあります。しかし、プリコンプライアンス・テストをセットアップすることで、問題となる領域を特定し、コンプライアンス・テスト・サイトに持ち込む前に直すことができます。テクトロニクスのRSA306型は、低コストによるプリコンプライアンス・テスト機能を備えており、製品がEMI認定されるまでの費用を抑え、スケジュールを短縮することが可能になります。

<sup>5</sup> 「無線LAN機器を技術基準 / 無線規格に適合させるためのプリコンプライアンス」、  
[http://info.tek.com/rs/tektronix/images/MDO4000B\\_WLAN\\_Application\\_Note.pdf](http://info.tek.com/rs/tektronix/images/MDO4000B_WLAN_Application_Note.pdf)

**お問い合わせ先：**

ASEAN／オーストラリア・ニュージーランドと付近の諸島 (65) 6356 3900  
オーストラリア 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  
イタリア 00800 2255 4835  
日本 81 (3) 6714 3010  
ルクセンブルク +41 52 675 3777  
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  
ノルウェー 800 16098  
中国 400 820 5835  
ポーランド +41 52 675 3777  
ポルトガル 80 08 12370  
韓国 001 800 8255 2835  
ロシア +7 (495) 6647564  
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  
イギリス、アイルランド 00800 2255 4835  
アメリカ 1 800 833 9200

2015年4月現在

**Tektronix®**

テクトロニクス お客様コールセンター 電話受付時間／  
TEL:0120-441-046 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

**jp.tek.com**

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 © 2015, 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。  
2015年7月 37Z-60141-0