

第4章 実習用機材の紹介

第1節 放射雑音測定

1-1 放射性雑音測定の概要

規格により決められた環境で EUT から空間に放射される最大妨害波を測定する。各規格により測定周波数範囲や諸条件が異なるので、規格に応じた機器や測定器を選定する必要がある。

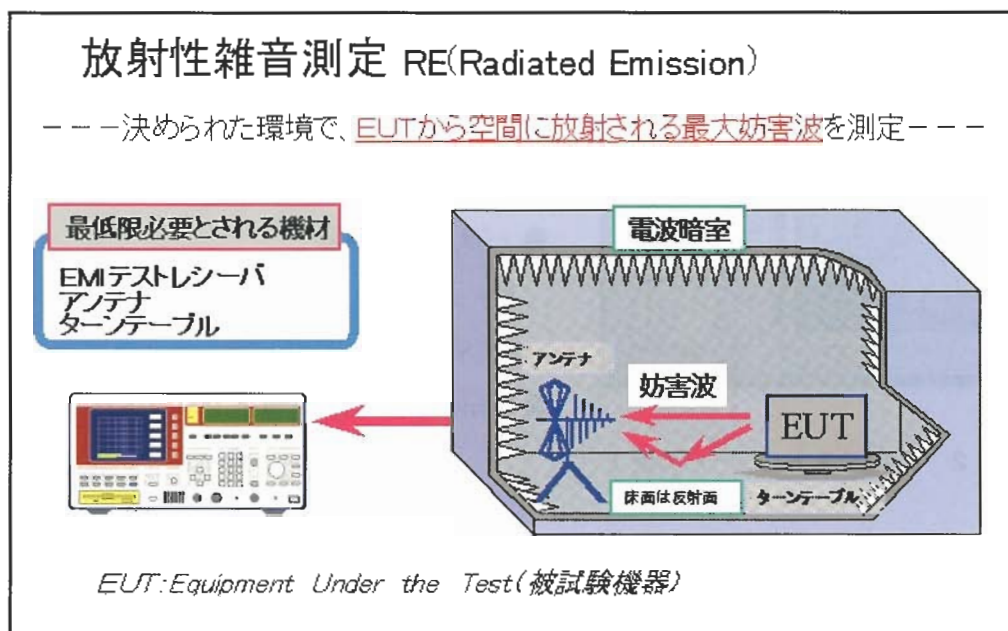


図4-1 放射性雑音測定の測定系の概要

図4-1の測定系は規格測定に準拠するための測定系である。EMC 測定の概要を理解する目的に限れば、EMI テストレシーバはスペクトラムアナライザを代用することも十分な場合がある。

1-2 放射性雑音測定に必要な機器

代表的な機器について以下に記す。

- ・ EMI テストレシーバ
- ・ スペクトラムアナライザ
- ・ 各種アンテナ
- ・ ターンテーブル
- ・ EMI 計測ソフトウェア
- ・ 各種アクセサリ

(1) EMI テストレシーバ

電波暗室において、測定対象物から放射される電波や電源線を伝わる伝導ノイズなどを規格に定められた方法で測定する。規格に応じた測定に対応しているかが最も重要な選定条件となる。

CISPR16-1およびVDE0876に準拠した適正なパルスウェイトイング CISPR、EN、ETS、FCC、VDE、ANSI、VCCI、MIL-STD、VGおよびDEF-STANなど多数の商用および軍用規格すべてに適合している。



図4-2 EMI テストレシーバの例1

- 測定周波数範囲：入力1：20Hz～7/26.5/40GHz
- レシーバモードでスイッチによる選択可能な20dB利得のプリアンプ
- パラレル検波器
ピーク (PK)、平均 (AV)、準尖頭 (QP) および RMS
- WindowsNT4.0環境下でコントローラ機能を統合

CISPR、EN、ETS、FCC、ANSI C63.4、VCCIおよびVDEなど全てのEMI関連工業規格に準拠した測定に最適。特に開発におけるプリコンプライアンス測定用に設計されている。



図4-3 EMI テストレシーバの例2

- 測定周波数範囲：9kHz～3GHz/7GHz
- 製品開発初期段階からEMCテスト・プラン
- 5つの検波器を装備
平均、RMS、最大ピーク、最小ピーク、QP

(2) スペクトラムアナライザ

規格に準拠した測定が不要な場合、スペクトラムアナライザを使用することが多い。簡易的な測定や対策測定などに適している。EMI 測定の実習において、電波暗室や EMI レシーバを準備することが費用面、設置面で困難な場合はスペクトラムアナライザにアンテナを接続することで機器の放射ノイズの測定ができる。実験に使用する場合は広い測定周波数範囲を確保することが望ましい。

シンセサイザ方式採用の高安定度測定に加え、EMC 測定用9kHz、120kHz フィルタを
装備している。1Hz分解能の周波数カウンタを内蔵しているためEMC 対策用モニタとして
の使用に適している。



図4-4 スペクトラムアナライザの例1

- 測定周波数範囲：9kHz～3GHz
- Auto CAL による総合レベル確度保証
- 結果が一目でわかるラージキャラクタ表示
：Counter、Power 測定時

シンセサイズドローカルオシレータにより、繰り返し掃引の高速化を実現し20回/秒での
トレースデータ書き換えが可能でリアルタイムな波形観測ができる。

9kHz、120kHz、1MHzの6dB帯域幅フィルタとQPディテクタを標準で装備している。



図4-5 スペクトラムアナライザの例2

- 測定周波数範囲：9kHz～3GHz/8GHz
- Auto CAL による総合レベル確度保証
- 結果が一目でわかるラージキャラクタ表示
：Counter、Power 測定時
- 20回/秒の高速トレース・データ書き換え

26.5/40GHzまでの直接入力測定が可能。9kHz、120kHz、1MHzの6dB帯域幅フィルタ
とQPディテクタを装備しており、オプションで200Hz狭帯域フィルタを追加することも可
能である。



図4-6 スペクトラムアナライザの例3

- 測定周波数範囲：9kHz～26.5GHz/40GHz
- CISPR Pub 16-1に準拠したEMIファンクション
- プリアンプ内蔵
- 電力測定にAVE POWERやTOTAL POWER
の演算機能を装備

(3) 各種アンテナ

電波暗室内に測定に必要周波数範囲を満たすアンテナを設置する。EMI レシーバやスペクトラムアナライザ同様に規格に応じた機器を準備する必要がある。簡易的な測定では、電波暗室を使用せず、サーチコイルなどで十分な場合もある。

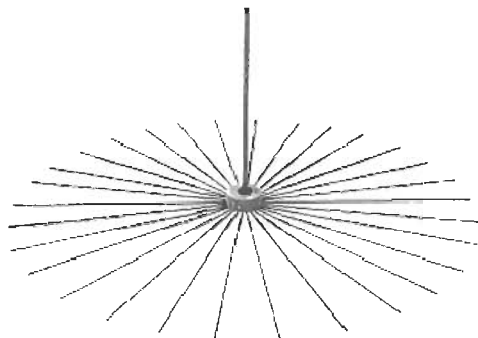


図4-7 ロッドアンテナの例
周波数範囲：9kHz～30MHz

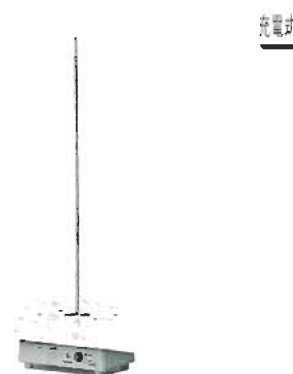


図4-8 アクティブアンテナの例
周波数範囲：200Hz～35MHz



図4-9 ループアンテナの例
周波数範囲：9kHz～30MHz



図4-10 アクティブループアンテナの例
周波数範囲：10kHz～30MHz



図4-11 半波長ダイポールアンテナの例
周波数範囲：25MHz～1000MHz



図4-12 アクティブダイポールアンテナの例
周波数範囲：10kHz～30MHz

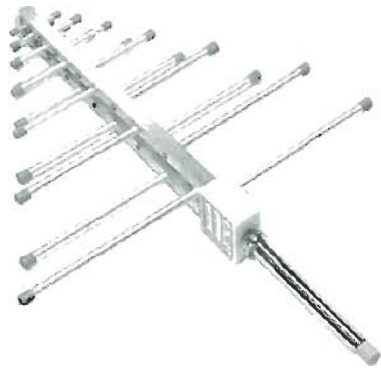


図4-13 対数周期型アンテナの例
周波数範囲：300MHz～1000MHz



図4-14 バイコニログアンテナの例
周波数範囲：26MHz～2GHz

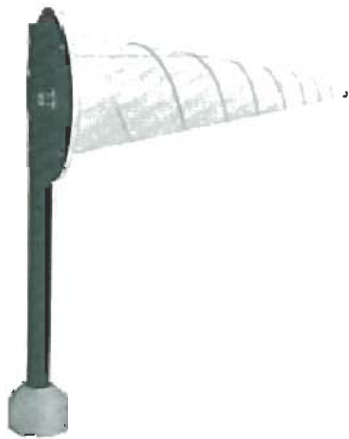


図4-15 ログスパイラルアンテナの例
周波数範囲：1GHz～10GHz

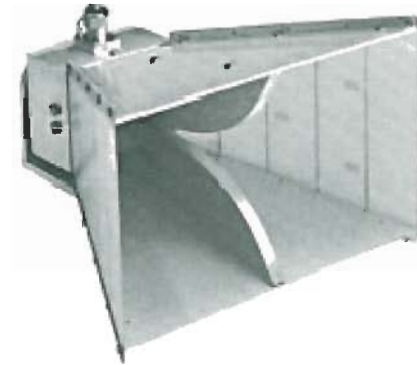


図4-16 ダブルリッジドガイドアンテナの例
周波数範囲：1GHz～18GHz

(4) ターンテーブル

測定対象物をターンテーブルに設置し、回転させて放射ノイズを測定する。アンテナは昇降させることにより測定対象物から放射されるノイズを広範囲な条件で測定できる。EMI 測定の実習において、電波暗室の用意が困難な場合は省略せざるを得ないが測定対象物の方向やノイズを受ける高さを十分に考慮する必要がある。



図4-17 ターン・テーブルとアンテナ昇降機の例

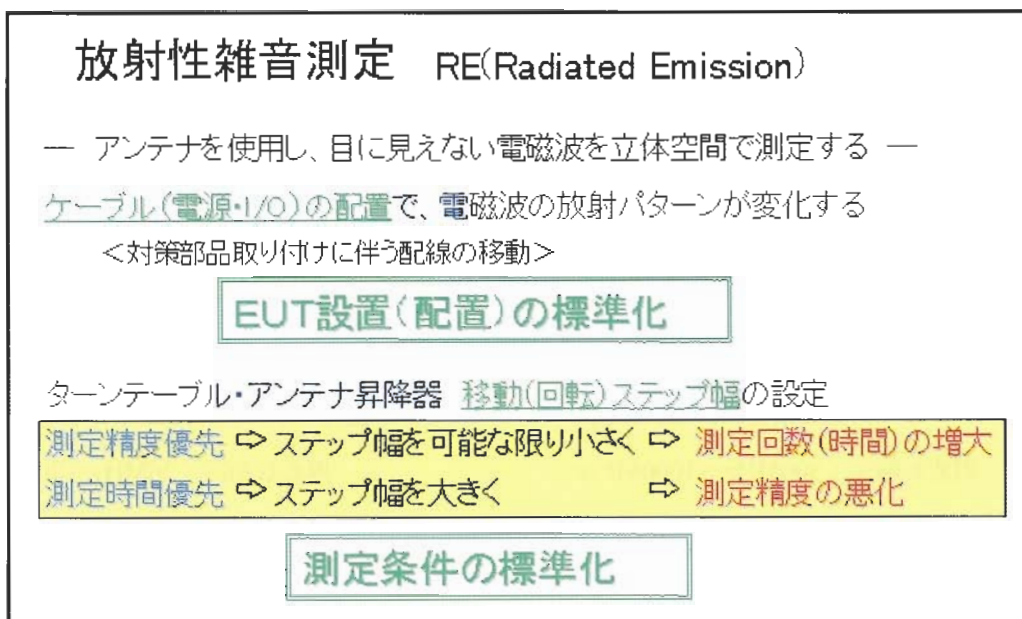


図4-18 放射性雑音測定の概要

(5) EMI 計測ソフトウェア

EMI 測定では EMI レシーバ、スペクトラムアナライザなどの測定条件設定やターンテーブルアンテナ昇降機の設定など、各種規格に応じた設定にすることが必要になる。これらの条件設定は規格毎に異なる項目もあり手動で設定するには非常に多くの時間を費やしてしまう場合が多い。各規格に応じた総合測定システムも提案されている。多くの場合、総合システムメーカーが一式を取りまとめて必要な規格に注視した装置をとりまとめる。簡易的な測定や実習に用途を限定する場合はスペクトラムアナライザを使用する。簡易測定向けのソフトウェアも用意されている。このソフトウェアについて、以下に記す。

EMI Lite は、GP-IB 経由でスペクトラムアナライザを制御することによって EMI 測定の工程の多くを自動化することが可能である。また、測定した結果をプリンタに印刷したりハードディスクやフロッピーディスクなどの記憶媒体に保存することも可能である。

EMI レシーバの制御や同軸スイッチの自動切り換え、アンテナ昇降機・ターンテーブルの自動制御吸収クランプの自動制御は非対応である。

本ソフトウェアは EMI 測定のうち、次の項目に対応している。

- ・放射妨害測定(RADIATION)
 - アンテナに受信される妨害波を測定。
- ・伝導雑音測定(CONDUCTION)
 - 電源ラインを通じて流出する伝導妨害波を測定。擬似電源回路網を併用する。
- ・妨害電力測定(NOISEPOWER)
 - 電源線上に現れる妨害電力を測定。吸収クランプを併用する。

本ソフトウェアは、それぞれの測定項目について次のような機能がある。

- ・システム確認・設定

- 1) 測定条件の設定・登録(規格の選択・登録を含む)
- 2) 尖頭値検波による広周波数範囲にわたる準備測定・「全帯域測定」
- 3) 準尖頭値検波による周波数点を指定した精密測定・「周波数指定測定」
- 4) 測定結果の表示
- 5) 測定結果の保存
- 6) 測定結果の呼び出しとデータ処理
- 7) 測定結果の印刷
- 8) コメント追加

- ・規格の登録

規格は3種類個別に設定することが可能であり、それぞれについて規格に対するマーキンググラフ表示の色と線種を指定できる。

CISPR Pub.22、EN55022、FCC、CISPR Pub.11、EN55011、VCCI の規格が登録されている。

- ・全帯域測定の測定バンドごとの周波数など測定するバンドごとのリファレンスレベル分解能。
- ・帯域幅・ビデオ帯域幅・掃引時間や掃引モード・プリアンプやアッテネータの設定を行う。
- ・各種バンド設定ファイルにより、ファイル名による指定も可能。
- ・ハードディスクに登録されている各種補正係数ファイルにより、最大8個までを同時に選択可能。アンテナ係数も補正係数の1つとして扱われる。

測定結果の表示例

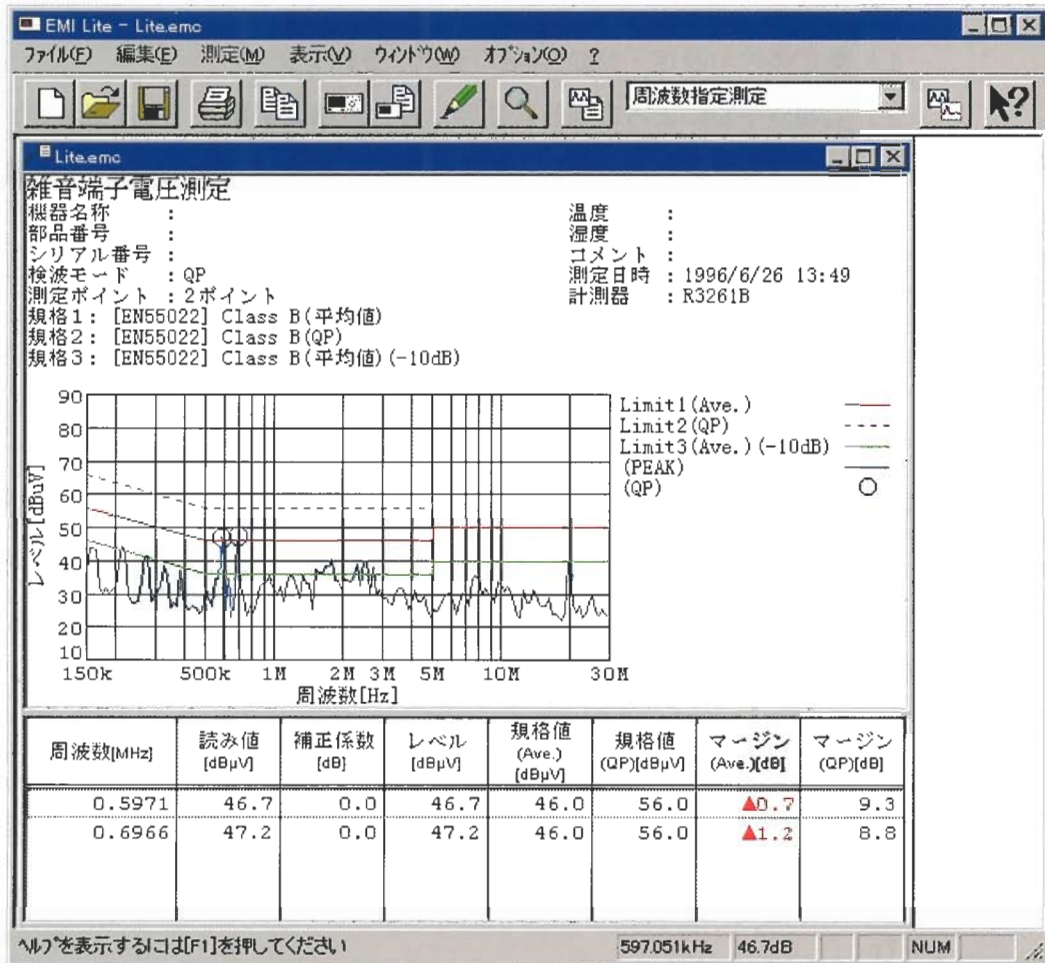


図4-19 計測結果の表示例

放射妨害電界強度測定

機器名称 : Original Tool
 製品番号 :
 シリアル番号 :
 温度 : 25℃
 湿度 : 55%
 コメント : コメント
 検波モード : QP

規格1 : [VCCI] Class2<3m>
 規格2 : [VCCI] Class2<3m>(-10.0)
 測定ポイント数 : 7ポイント
 測定日時 : 19xx/12/31 23:59
 測定器名 : R3361c

表 4-1 放射妨害電界強度測定結果

周波数 [MHz]	読み値 [dB μ V]	補正係数 [dB]	レベル [dB μ V/m]	規格値 [dB μ V/m]	マージン [dB]
180.005	59.8	0.0	59.8	40.0	▲19.8
254.815	30.3	0.0	30.3	47.0	15.8
284.852	36.1	0.0	36.1	47.0	9.6
382.350	26.4	0.0	26.4	47.0	19.9
621.249	45.5	0.0	45.5	47.0	1.5
769.122	43.4	0.0	43.4	47.0	3.6
820.001	33.8	0.0	33.8	47.0	13.2

・自動化計測システムソフトウェアとの違い

EMI 自動化計測システムソフトウェアとの大きな違いは、アンテナ昇降機・ターンテーブル・吸収クランプの制御を行わない点である。

表 4-2 自動化計測システムソフトウェアとの違い

機能	説明
対象計測器の限定	ADVANTEST 製スペクトラムアナライザ
機械制御なし	アンテナ昇降機・ターンテーブル・吸収クランプの制御はサポートしない。
パターン測定機能なし	アンテナ昇降機とターンテーブルの制御がないため、ハイト/アングル・パターン測定は不可。EMI 自動化計測システムソフトウェアにおけるハイト/アングル・パターン測定結果を表示することは可能。
高度なパラメータ設定なし	周波数指定測定における分解能帯域幅・周波数スパンの設定は変更不可。ピークサーチの設定は「実行しない」と「周波数絞り込み」の選択に限定。
同軸スイッチ	同軸スイッチの設定画面なし。EMI Lite での同軸スイッチの制御は不可。
手動測定機能	なし

(6) 各種アクセサリ

EMI 測定においては用途に応じて各種アクセサリが必要になる場合がある。代表的に使用されるものについて、以下に記す。

a プリアンプ

放射雑音測定における信号レベルが低い時の測定感度向上やシールド材評価器を用いて測定する場合のダイナミックレンジ向上に使用することができる。周波数範囲は9kHz

～1000MHzの広帯域にわたって25dBの利得が得られる。



図4-20 プリアンプの例

b サーチコイル

電子回路の個別部品からの輻射やシールドを考慮した筐体からの磁界性雑音を相対値で測定できるEMI対策用サーチコイルを使用することにより、10kHz～1000MHzにおいて、最も簡易的なEMI測定が実施できる。簡易的な対策測定や実習に適している。



図4-21 サーチコイルの例

c シールド効果評価器

低インピーダンス磁界および高インピーダンス電界を発生させ、プラスチックシールド材のシールド効果を磁界、電界から測定・評価する。トラッキングジェネレータを内蔵したスペクトラムアナライザやネットワークアナライザと使用する。



図4-22 シールド効果評価器の例

d ネットワークアナライザ

シールド材料の評価やサイトアッテネーション測定に使用する。時間軸変換機能を搭載しているものでは、アンテナと併用することにより電波吸収体材料までの伝播距離の測定も可能である。



図4-23 ネットワークアナライザの例1

- 測定周波数範囲：300kHz～3.8GHz/8GHz
- 平衡回路の測定が可能
- 任意の規格化インピーダンス変換が可能
- 4ポートの全パラメータの測定が可能
- タイムドメイン機能



図4-24 ネットワークアナライザの例2

- 測定周波数範囲：300kHz～8GHz/20GHz
- 平衡回路の測定が可能
- 任意の規格化インピーダンス変換が可能
- 4ポートの全パラメータの測定が可能
- 16の独立した測定チャンネル

第2節 伝導性雑音測定

2-1 伝導性雑音測定の概要

規格により決められた環境で EUT から電源ラインに流れ込む妨害波を測定する。各規格により測定周波数範囲や諸条件が異なるので規格に応じた機器や測定器を選定する必要がある。

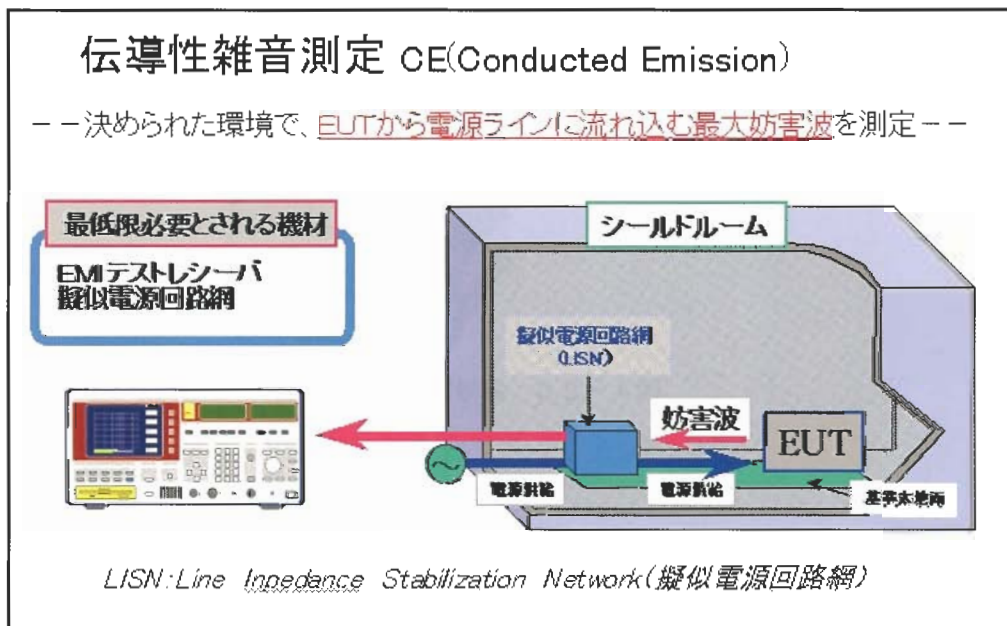


図4-25 伝導性雑音測定の測定系の概要

第1節で記した機器と重複するものがあるので、この節では機器をリストアップし、詳細はこれを除いたものを説明する。

2-2 伝導性雑音測定に必要な機器

代表的な機器について以下に記す。

- ・EMI テストレシーバ
- ・スペクトラムアナライザ
- ・EMI 計測ソフトウェア
- ・擬似電源回路網
- ・ハイインピーダンスプローブ
- ・パルスリミッタ
- ・RF カレントプローブ
- ・アブソービングクランプ

なお、EMI テストレシーバ、スペクトラムアナライザ及び EMI 計測ソフトウェアについては第1節で解説した機器と同じである。

(1) 擬似電源回路網

商用電源に流れ込む妨害波を測定する為の専用機器を使用する。単相のみに対応したものや三相に対応したものがある。各種規格に準拠した機器が必要である。

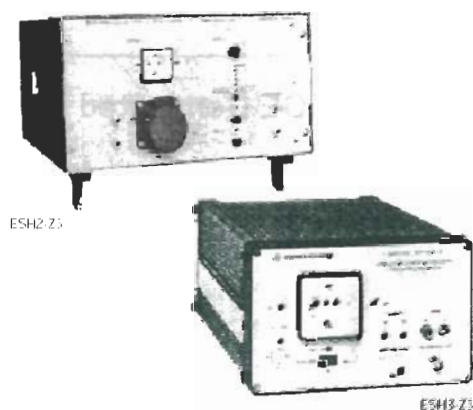


図4-26 擬似電源回路網の例

(2) ハイインピーダンスプローブ

商用電源上の妨害電圧測定用プローブ。

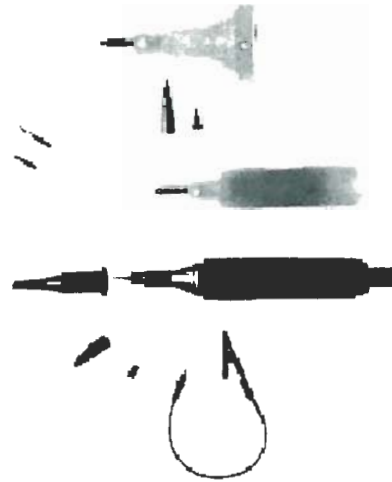


図4-27 ハイインピーダンスプローブの例 (VDE0871 準拠)

(3) パルスリミッタ

EMI レシーバやスペクトラムアナライザの過入力による破損を保護するために使用する。



図4-28 パルスリミッタの例

(4) RF カレントプローブ

商用電源に接続されていないラインの無線妨害電圧測定用プローブ。



図4-29 RF カレントプローブの例 (VDE0871 準拠)

(5) アブソービングクランプ

CISPR規格にもとづき、妨害波を発生する機器からその電源供給線を通して漏洩するVHF帯の妨害波電力を測定するEMIクランプ。



図4-30 アブソービングクランプの例

伝導性雑音測定 CE(Conducted Emission)

- 商用電源に流れ込む信号を専用治具(LISN)を使用して測定する —
＜放射雑音測定に比べ再現性は比較的高い＞

規格に合致した測定系を使用する

＜EMIレシーバ(QP・平均値)・スペクトラムアナライザ(QP)・LISN等＞

基準面との位置関係(テーブル高さ・壁との距離等)の標準化(下図)

ケーブル余長分の処理

測定器(特にスペアナ)保護のためにパルスリミッタを併用

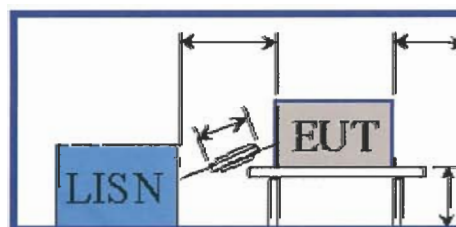


図4-31 伝導性雑音測定の概要

第3節 放射妨害耐性試験

3-1 放射妨害耐性試験の概要

規格により決められた環境で EUT へ妨害波を与え、機器が誤動作しないかの試験を行う。

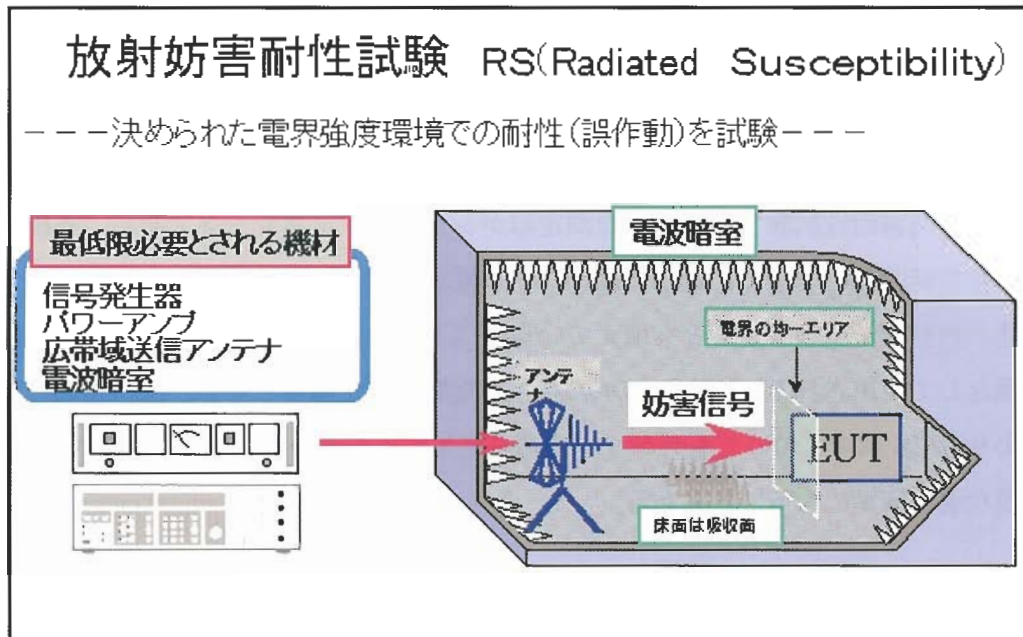


図4-32 放射妨害耐性試験の測定系の概要

EMI 測定では簡易的な測定として電波暗室を使用しない場合もあるが、EMS の試験では高出力の高周波信号を発生することから電波暗室を使用することが大前提である。各種規格で電力が規定されており簡易的な測定ケースは無い。

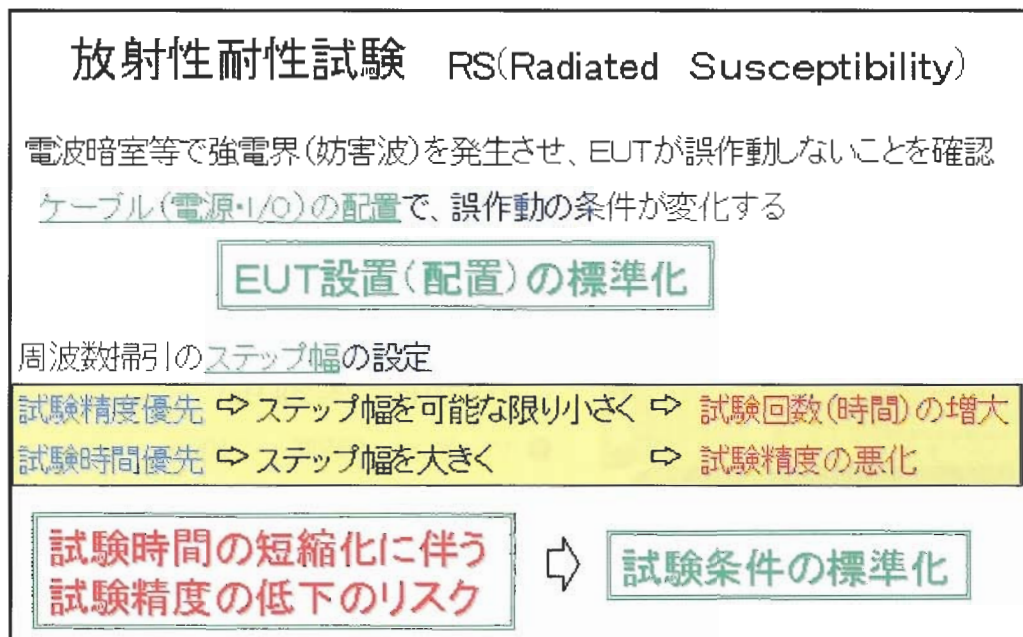


図4-33 放射性耐性試験の概要

3-2 放射妨害耐性試験に必要な機器

代表的な機器について以下に記す。

- ・シグナルジェネレータ
- ・パワーアンプ
- ・広帯域送信アンテナ
- ・電波暗室

(1) シグナルジェネレータ

放射妨害耐性試験で最も重要な測定器がシグナルジェネレータである。各種規格により周波数範囲だけでなく、近年ではデジタル機器の普及によりデジタル変調を出力させ、機器の誤動作を試験することも増えている。以下に機器の例を記す。主に EMS 測定 of 信号源として使用される。出力レベルの高さが重要な選定基準となる。携帯電話の普及などにより EMS 試験においてもデジタル変調を発生することがあり、デジタル変調の可否も重要な選定基準になることもある。

デジタル規格に準拠した信号を発生し、全てのデジタル変調のパラメータを自由に設定・変更ことが可能。これにより、現在および将来の変調モードに対応することができる。



図4-34 シグナルジェネレータの例1

- 周波数範囲：300kHz～3.3GHz/6.4GHz
- 主要な移動体通信規格に準拠したTDMAおよびCDMA信号の発生
- アナログおよびデジタル変調
- 広帯域のI/Q変調器を標準装備（DC-30MHz）

多様な変調機能、自動テストシステムで融通性に富んだ信号発信源。汎用的な用途に適している。



図4-35 シグナルジェネレータの例2

- 周波数範囲：9kHz～1.1/2.2/3.3GHz
- SSB位相ノイズ：-122dBc (1Hz)
($f=1\text{GHz}$ 、 $\Delta f=20\text{kHz}$)
- セッティング時間：<math><10\text{ms}</math>
- 高レベル確度（レベル：>math>-120\text{dBm}</math>で偏差<math><0.5\text{dB}</math>)
- 電子アッテネータにより高信頼性を実現
- AM/FM/ ϕ M
- パルス発生器統合パルス変調器（オプション）

各種オプションにより、下限周波数の変更・設定分解能の変更・出力下限レベルの変更が出来る。デジタル周波数掃引とレベル掃引や同時変調モードも可能。IF入力オプションを装備するとアップコンバージョン機能をもつので他のデジタル信号発生器と組み合わせることで、最大40GHzまでの変調信号の発生が可能。



図4-36 シグナルジェネレータの例3

- 周波数範囲 1GHz~20GHz/27GHz/40GHz
- 優れたスペクトラム純度
- 高出力レベル
- 同時変調モード
- アップコンバータ機能（オプション）

(2) パワーメータ

放射妨害耐性試験では、測定対象物に高出力の信号を発生させ機器の誤動作の試験を実施する。シグナルジェネレータからの出力をパワーアンプで増幅させて発生する。この出力信号のパワーをモニタするためにパワーメータを使用する。パワーメータはパワーセンサと組み合わせて使用する。各種規格に周波数範囲や出力範囲のセンサを選択する必要がある。



図4-37 パワーメータの例

- 測定レンジ：10MHz~18GHz、200pW~200mW
- マルチパスセンサ
- アベレージパワー測定
- 最大4つのセンサで同時測定可能



図4-38 パワーセンサの例

(3) パワーアンプ

シグナルジェネレータ単体においては放射妨害耐性試験に必要な信号出力が得られない。各種規格の応じた信号出力を得るためにパワーアンプを経由し、シグナルジェネレータの出力を増幅させる必要がある。

(4) 送信用広帯域アンテナ

増幅されたシグナルジェネレータの出力信号は送信用の広帯域アンテナを経由して電波暗室内に電力を送出させる。アンテナも周波数範囲、出力パワーに耐えうるものを選定する必要がある。

(5) 電波暗室 他

放射妨害耐性試験においては単一に高出力の電力を機器に与えるだけでは不十分である。

規格に応じてバースト試験、サージ試験が必要であり、これらの機器が必要になる。

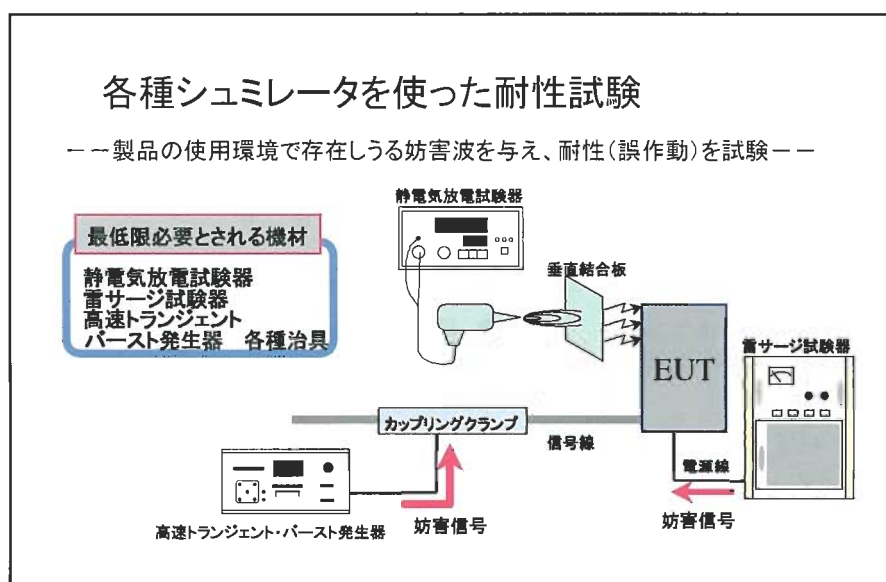


図4-39 シミュレーションを利用した耐性試験

第4節 伝導性耐性試験

4-1 伝導性耐性試験の概要

規格により決められた環境で測定対象物の電源ライン、信号ライン等に妨害波を与え、機器が誤動作しないかの試験を行う。

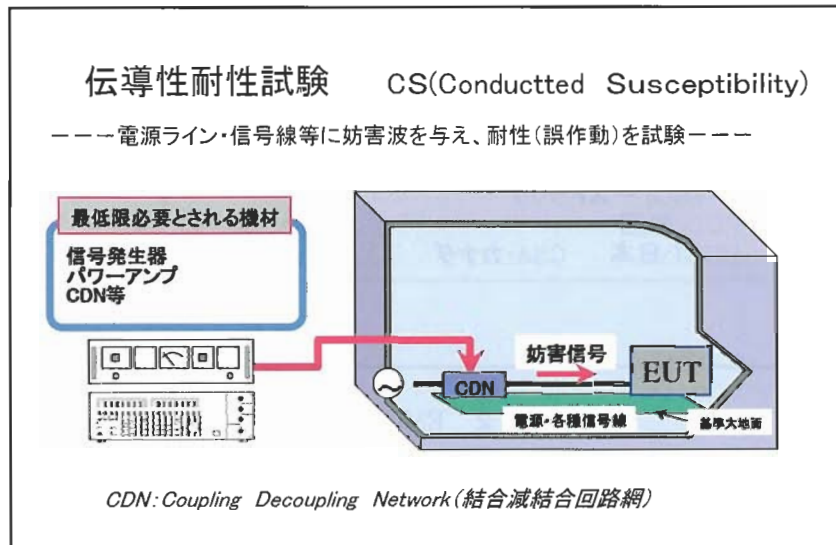


図4-40 伝導性耐性試験の測定系の概要

4-2 伝導性耐性試験に必要な機器

伝導性耐性試験に必要な機器には放射妨害耐性試験と同様であるが、これに加え CDN (結合減結合回路網) が必要になる。

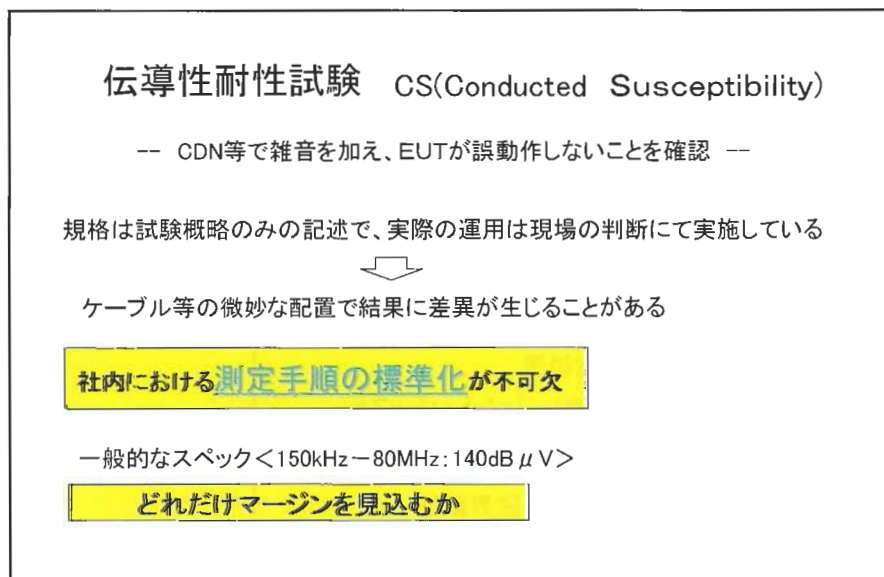


図4-41 伝導性耐性試験の概要

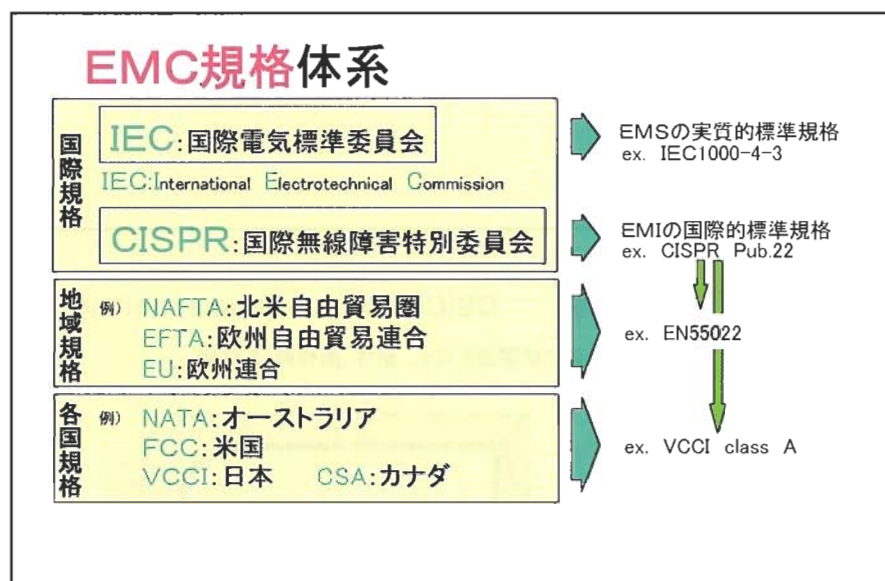


図4-42 EMC規格の体系

代表的なEMC規格(国際規格)-1

EMI

CISPR Pub. 11	ISM機器
CISPR Pub. 12	自動車・モーターボート等
CISPR Pub. 13	ラジオ・テレビ放送受信機等
CISPR Pub. 14	家庭用電気機器(工具)等
CISPR Pub. 15	電気照明および類似装置等
CISPR Pub. 22	ITE
(CISPR Pub. 16	測定器および測定法)

ISM:Industrial Scientific and Medical(工業・科学・医療)
ITE:Information Technorgy Equipment(情報処理装置)

図4-43 EMIの概要

代表的なEMC規格(国際規格)-2

EMS

IEC1000-4-2	静電気放電
IEC1000-4-3	放射電磁界
IEC1000-4-4	高速トランジェント・バースト
IEC1000-4-5	雷サージ
IEC1000-4-6	伝導妨害耐性
IEC1000-4-8	電源周波数磁界耐性

図4-44 EMSの概要

EMI/EMS計測実践技術の要点

最終目的

規格をクリア

EMI=ノイズレベルの低減

EMS=いかなる条件下でも動作保証をする

測定上の目標

最悪値データの取得

— 規格の要求 —

再現性のあるデータを取得

— 対策効果の確認 —

データ取得時間の短縮

— 測定効率アップ —

⇒ 時間をかける(複数回測定等)

測定者のスキルを高める

⇒ 設置・動作条件の標準化

精度の高い測定系を使用する

⇒ 測定実績データベースの活用

社内測定用マージンの標準化

図4-45 計測実践技術の要点

一般企業のEMCに対するアプローチ

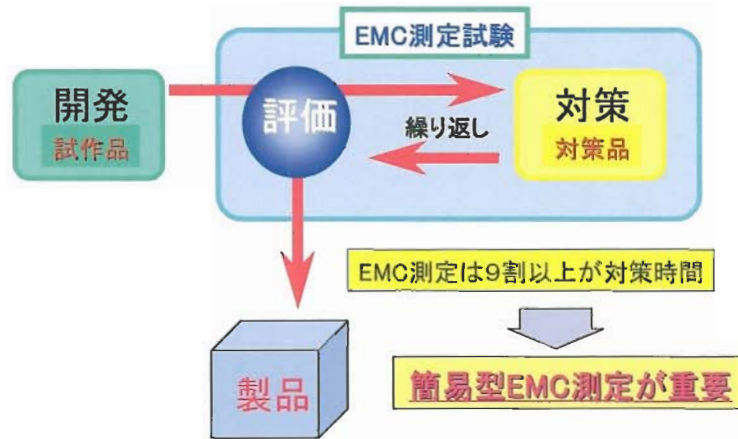


図4-46 企業の取組み

