

1 実習名

電波暗室での EMI 測定 (「EMC 測定法」)

2 実習の目的

電波暗室での、構造や操作方法を学習する。

3 実習の内容

3-1 電波暗室の構造

電波暗室は通常、電波暗室部と計測室とに別れており、それぞれ電波遮断設備と電波吸収設備とにより構成されている。電波遮断設備は電源線等を経由し伝わるノイズを遮断する電源フィルタ設備と空間を伝わるノイズを遮断するシールド壁設備及びシールド扉設備により構成されている。一方、電波吸収設備は電波吸収体（主にフェライトタイル）により構成されている。

また測定に際して電波暗室内にはターンテーブルおよびアンテナタワーが設備され、ラインフィルタを経由して計測室にこれらの制御コントローラを含んだ自動計測器システムが装備されている。

図 1 に電波吸収体の例、図 2 にシールド扉の例、図 3 にアンテナタワーの例、図 4 にターンテーブルの例をそれぞれ示す。

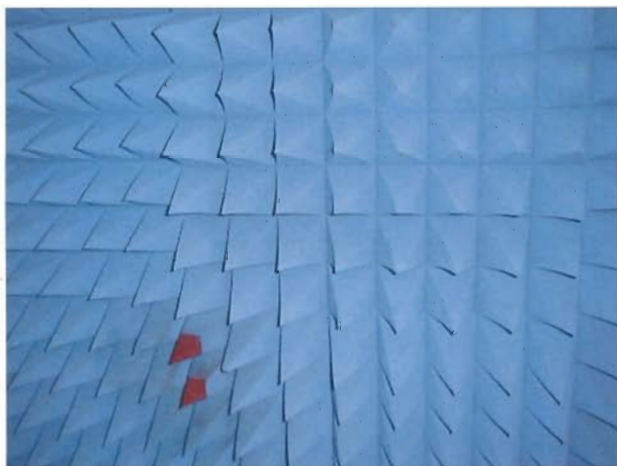


図 1 電波吸収体の例



図 2 シールド扉の例



図3 アンテナタワーの例

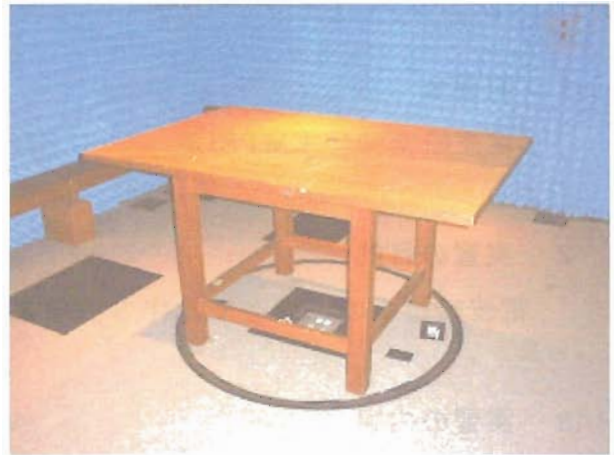


図4 ターンテーブルの例

3-2 測定機器

(1) スペクトラムアナライザ

入力信号の周波数領域での振幅応答を波形表示する受信機。数 kHz から 1GHz 以上の広い周波数帯域で 100dB 以上のダイナミックレンジをもつ。

図 5 にスペクトラムアナライザの例を示す。



図5 スペクトラムアナライザの例

(2) 半波長ダイポール

伝送路線の 2 本の導線が中央部で 2 つに分かれた形状で、全長は、測定周波数の $1/2$ 波長とする。構造が簡単で理論的に詳しく解析されているため、誤差が少なく基準アンテナとして使用される。図 6 に半波長ダイポールアンテナの例を示す。

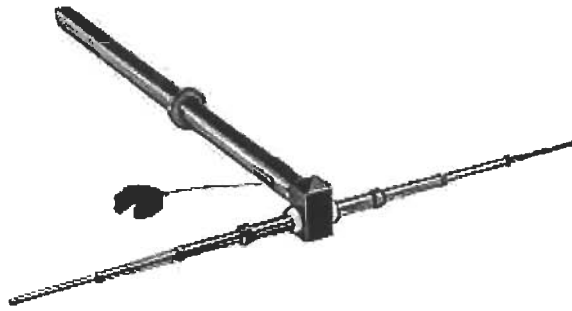


図6 半波長ダイポールアンテナの例

(3) バイコニカルアンテナ

双円錐形のかご型のアンテナ素子を持ち、30~200MHzにおいて使用される。広帯域アンテナとして半波長ダイポールの様にアンテナ長を調整する必要がなく、計測の自動化に適している。図7にバイコニカルアンテナの例を示す。



図7 バイコニカルアンテナの例

(4) 対数周期アンテナ (ログペリアンテナ)

ダイポールが対数周期的に配列されたアレイアンテナで、200MHz~1GHzにおいて使用される広帯域アンテナ。図8にログペリアンテナの例を示す。



図 8 ログペリアンテナの例

(5) 擬似電源回路網 (LISN)

電源雑音端子電圧測定を行うとき、被測定機 (EUT) から電源側を見込むインピーダンスが一定になるように挿入される回路網で、電源インピーダンス安定化回路網ともいう。また電源側から混入されるノイズの除去の役割も果たす。

3-3 放射雑音電界強度測定

図 9 に電子機器の放射雑音電界強度測定の概略図を示す。被測定機器 (EUT) から発生した放射雑音電界を各規格に応じた測定距離だけ離れた場所に設置された受信アンテナで受信して計測する。但し、直接波と大地反射波が存在し干渉するので、アンテナタワーで受信アンテナの高さを走査し最大値を測定する。また、放射雑音電界強度は EUT の向きにも依存するので、ターンテーブルで回転させその最大値を測定する。ちなみにこの操作は自動で行われる為、実際には直接測定し最大値を求める必要は無い。

通常電波暗室での測定は CISPR、FCC、VDE などの規格に準拠された方法で行われるが、何れの規格も最悪値検索の原則は変わらないためケーブルの引き回しや EUT の各動作モードでの最悪値を測定記録する必要がある。

この測定は 30MHz~1000MHz の帯域で行い、EUT からの放射雑音電界強度が適合させようとする各国規格の限界値以下であることを確認する。1 ポイントでも限度値を超えると放射雑音低減化 (EMI 対策) の作業を行う必要がある。図 9 に自動測定のシステム構成例を示す。

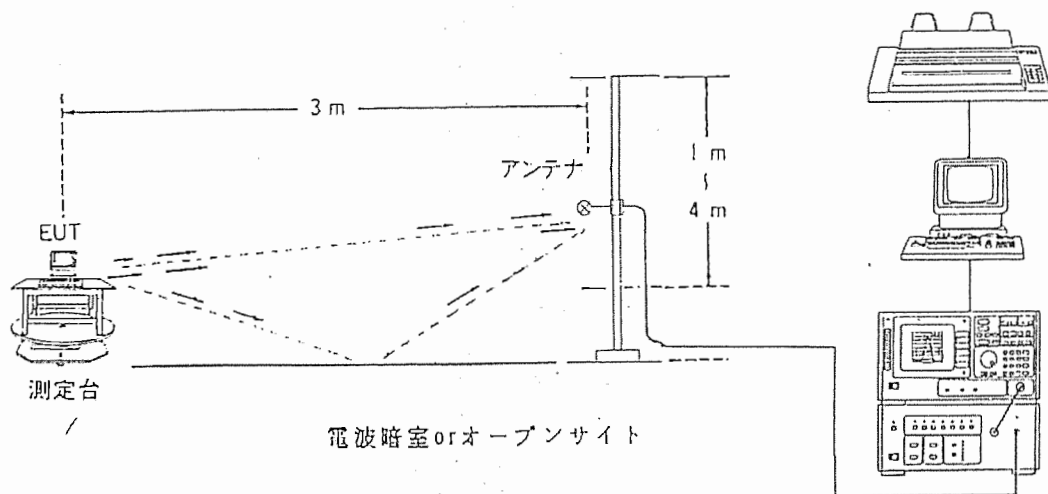


図9 放射雑音電界強度測定の概略図

3-4 自動測定

放射雑音電界強度の測定はアンテナの上下・ターンテーブルの回転・EUTシステムの最悪値配置探索等の必要があり、これを手動で行うと多くの時間と労力が必要となる。また EUT からの放射雑音電界強度が規格の限度値を超えた場合、EMI 対策を行い再度同じ測定を繰り返す必要があり、その測定の省力化のため自動測定をおこなう。

自動測定は通常、事前測定と評価測定の2つのモードに分かれる。事前測定は30MHzから1000MHzの全周波数領域でEUTからの放射雑音電界強度が大きい周波数をピックアップするためにおこない、初めて計測するEUTの場合に行う。この段階でケーブル配置やEUTの動作モードでの最悪値測定も行い把握しておく必要がある。またハイトパターンやアングルパターンを取得しておくことも最悪値検索の後のEMI対策に役立つ。事前測定にてピックアップした周波数に対して尖頭値検波モードで評価測定をおこなう。

3-5 測定の手順

一般的な測定の手順を図 10 に示す。

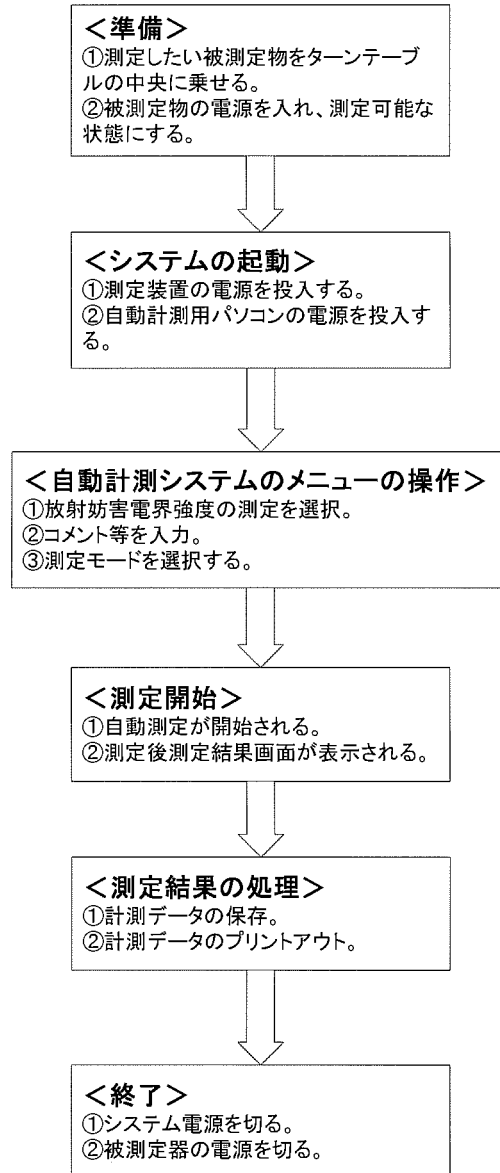


図 10 一般的な測定手順

3-6 測定結果のプリントアウト例

図 11 に実際のプリントアウト例を示す。

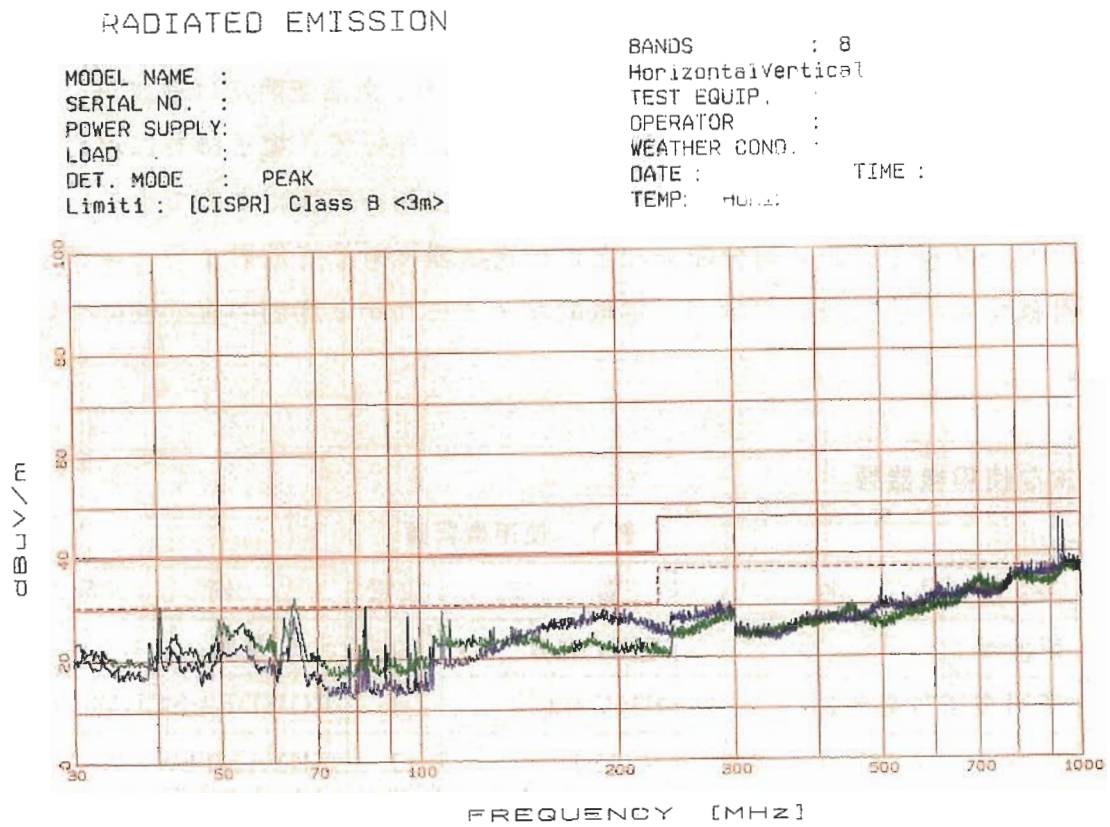


図 1 1 測定結果の例

1 実習名

電子機器の定量的イミュニティ評価 (「アンテナと電波伝搬」)

2 実習の目的

携帯電話や無線 LAN などの急速な普及により、生活空間には電波が氾濫し電磁環境はますます厳しいものになっている。それに伴って、電子機器に求められる放射電磁界に対する耐性（イミュニティ）の評価技術が重要になってきている。本実習ではケーブルやテレビ用分配器などの伝送機器に対して放射イミュニティを定量的に評価する手法について学び、定量的なイミュニティ評価の有効性について確認する。

3 主な使用機器類

表 1 使用機器類

品名	形式	数量	備考
電波暗室	TEN-733	1	テン社製
高周波信号発生器	SMY 02	1	ROHDE&SCHWARZ 製
スペクトラムアナライザ	R3131	1	ADVANTEST 製
ホーンアンテナ	BBHA 9120A	1	SCHWARZBECK 製
高周波増幅器(1)	KM0102-30R	1	MILMEGA 製
高周波増幅器(2)	CPA9232	1	SCHAFFNER 製
電界プローブ	HI-4433-GRE	1	HOLADAY 製
N/SMA 変換コネクタ			
RF ケーブル			

4 放射イミュニティの定義

電子機器の定量的なイミュニティを以下のように定義する。

$$I_m = 20 \log_{10} \left(\frac{E_0}{E_1} \right) \quad (1)$$

ここで、 $E_0(V/m)$ は供試品すなわち測定サンプルがさらされる電界強度、 $E_1(V)$ は供試品の出力電圧を表す。つまり、機器をアンテナと見なしたときのアンテナファクタに相当する量としてイミュニティを定義する。こうして定義されたイミュニティ量が大きいほどその機器は外来電磁波の影響を受けにくいことを意味している。

5 測定用ケーブルのイミュニティ測定

5-1 測定配置

イミュニティの測定は電波暗室で実施する。図 1 にイミュニティ測定配置の一例を示す。

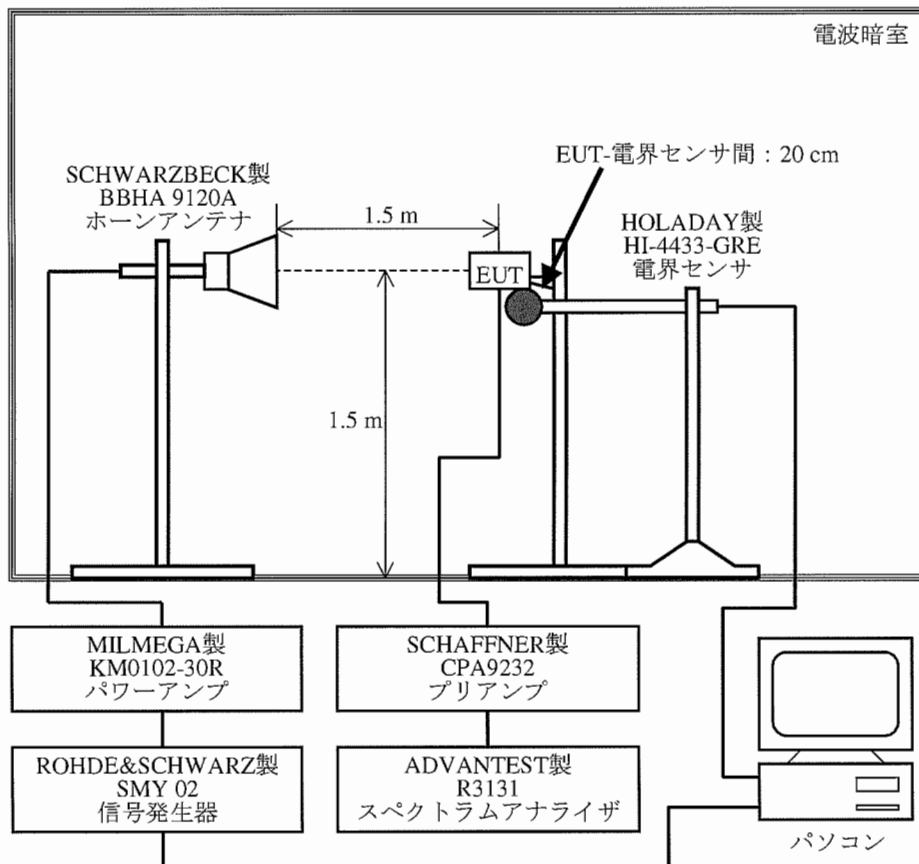


図 1 イミュニティ測定配置図

式 (1) の供試品の出力電圧 E_1 はスペクトラムアナライザの読み値 $C(\text{dBm})$ から以下の式によって計算する。

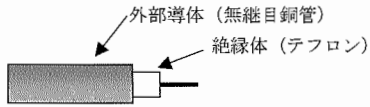
$$E_1 = C(\text{dBm}) - 30(\text{dB}) + 10\log_{10}(R)(\text{dB}) - \text{補正ファクタ}(\text{dB}) \quad (2)$$

ここで R は測定計のインピーダンス、補正ファクタはプリアンプゲインからケーブル損失を引いた値である。また、供試品がさらされる電界強度 E_0 は電界プローブによって測定する。

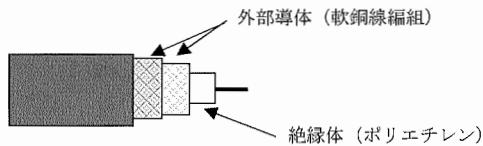
5-2 測定ケーブルの選択

供試品の出力電圧は測定ケーブルによって最終的にスペクトラムアナライザへ導かれて測定される。従って、測定ケーブルに外部から電波が侵入すると測定に誤差が生じる。そこでまず、機器の測定を始める前に図2に示すようなケーブルに対してその末端に終端抵抗を取り付けて、ケーブルのイミュニティを測定する。その結果を図3に示す。

・セミリジッドケーブル (50Ω)



・RG214 (50Ω・MIL規格)



・3重シールドケーブル (75Ω)

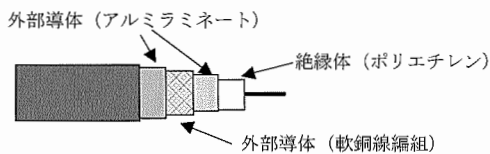


図2 測定用ケーブル

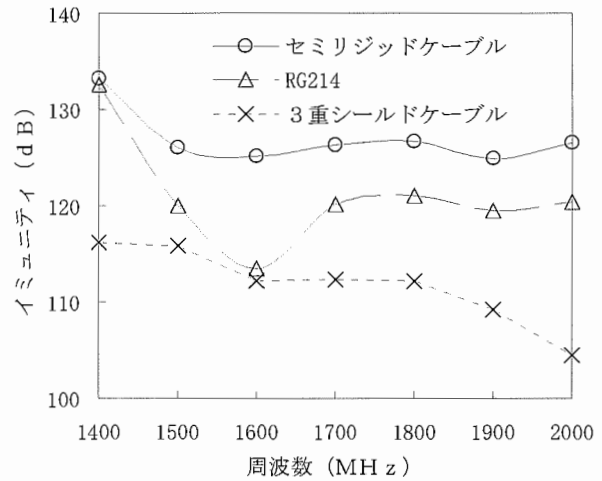


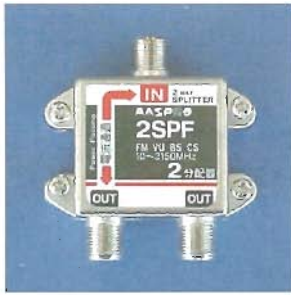
図3 測定用ケーブルのイミュニティ測定結果

以下の測定では最もイミュニティ特性のよいセミリジッドケーブルを使用する。

6 伝送機器のイミュニティ測定

6-1 分配器のイミュニティ測定

テレビ用分配器は映像信号からなる高周波信号を複数の信号に分配する機器である。出力ポートの数によって2分配器、4分配器などに分類される。また、分配器の入出力端子の形状によって図4に示すようなF型コネクタと直付けのタイプがある。ここでは、供試品としてこれら2種類の分配器に対して、1.35GHz~2GHzの周波数範囲でイミュニティを測定する。測定結果をプロットすると図5のようになる。



(a) F型コネクタタイプ



(b) 直付けタイプ

図4 測定に用いる分配器

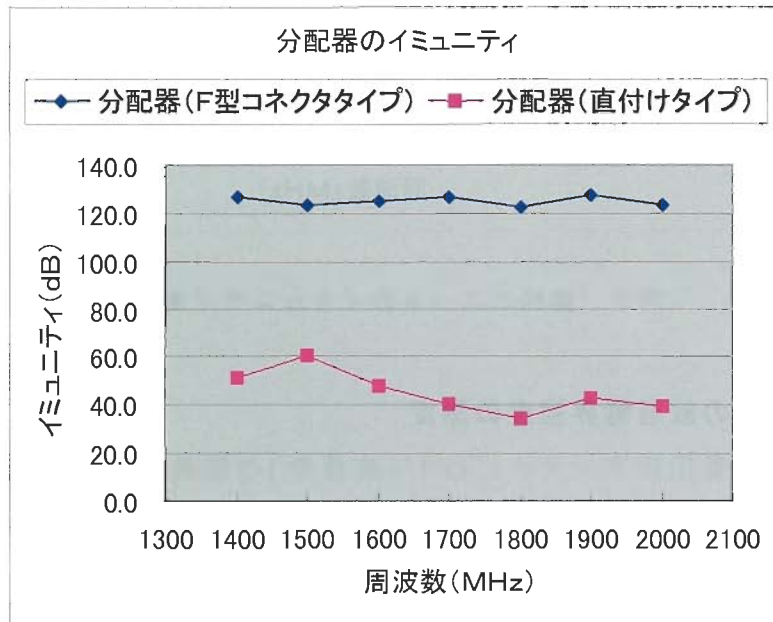


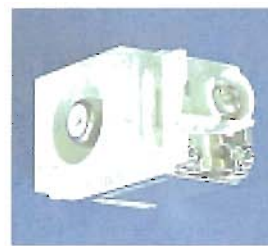
図5 分配器のイミュニティ測定結果

6-2 直列ユニットのイミュニティ測定

直列ユニットは壁面などに取り付けられる機器であり、そのテレビ端子は同軸ケーブルによってテレビ受信機のアンテナ入力端子などへ接続される。分配器と同様に、直列ユニットにもF型コネクタと直付けの二つのタイプがある。6-1の項で説明したものと同様にして、これら2種類の直列ユニットに対してイミュニティを測定する。測定結果を周波数に対してプロットすると図7のようになる。



(a) F型コネクタタイプ



(b) 直付けタイプ

図6 測定に用いる直列ユニット

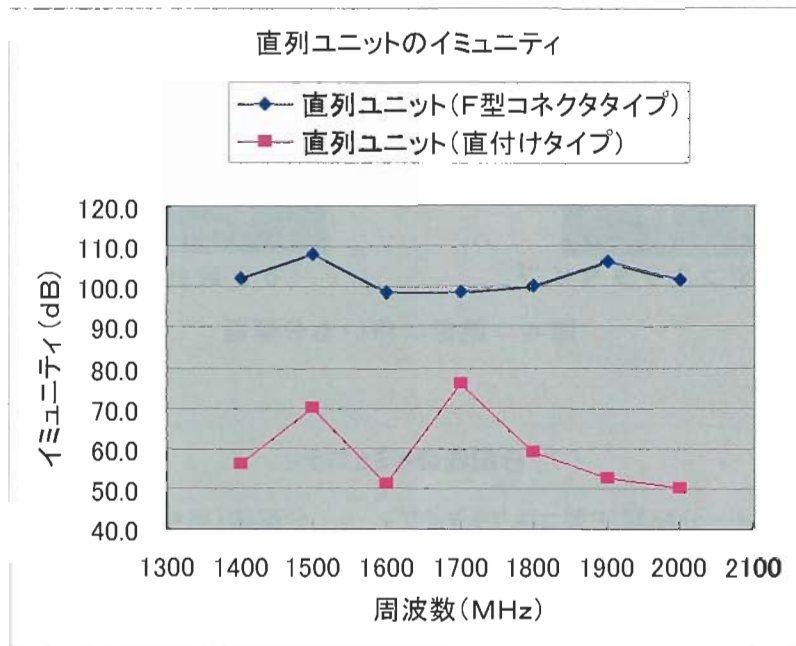


図7 直列ユニットのイミュニティ測定結果

7 携帯電話からの放射電界強度の測定

携帯電話の送受信アンテナには1/4波長や1/2波長のホイップアンテナが使用されている。アンテナから遠方においては、すなわちアンテナからの距離 d が $\lambda/2\pi$ よりもずっと大きい場所においては、理論的な放射電界強度は、

$$E = k \frac{\sqrt{W}}{d} \quad (3)$$

E : 電界強度 (V/m) k : 定数

W : 有効放射電力 (EPR) d : アンテナからの距離

で与えられる。 k は波長に対するアンテナの長さなどで決まる定数である。1.45GHzの場合には $\lambda = 20\text{cm}$ であるから、 $\lambda/2\pi$ の10倍以上に相当する $d = 50\text{cm}$ ではこの遠方界で放射電界を近似することができる。

測定は図8のような配置で行う。受信アンテナと携帯電話との距離を50cmから3mまで変えて電界強度を測定する。携帯電話からの電波は時々刻々変化するため、MAX HOLD機能によって最大値を読みとる(図9)。

測定が終了したら、横軸にアンテナ-携帯電話間の距離、縦軸に電界強度をとってグラフ化する。その一例を図10に示す。

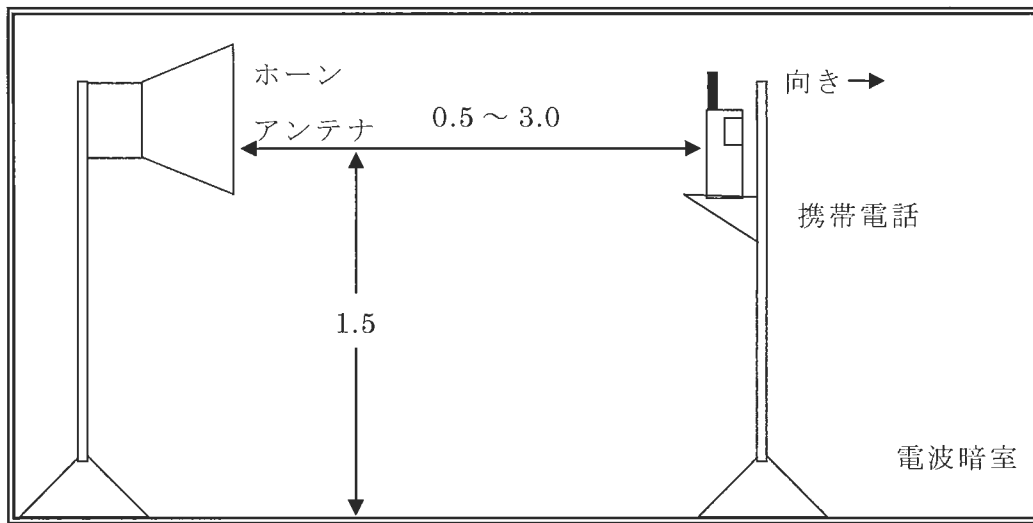


図 8 測定図

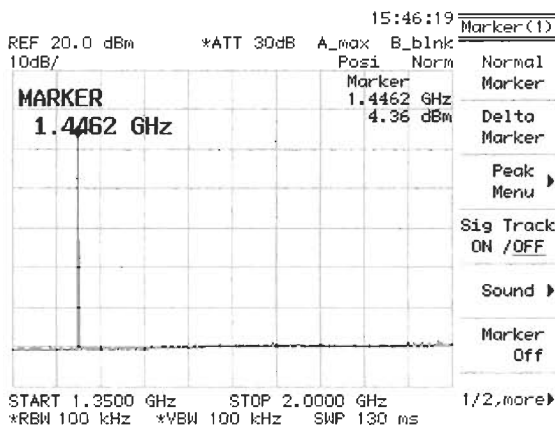


図 9 携帯電話からの放射電界観測例

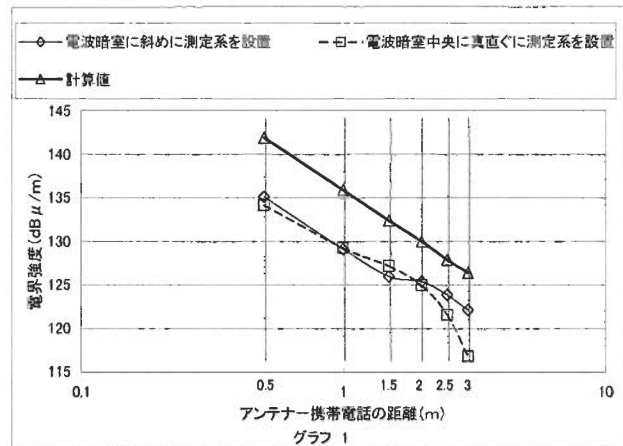


図 10 アンテナ携帯電話距離 VS 電界強度

8 衛星放送受信機器の所要イミュニティ測定

図 11 の配置によって妨害波のレベルを可変させ、TV で受信ができないときの妨害波レベルを測定する (図 12)。その結果を表 2 に記入すること。

表 2 所要イミュニティ測定結果

被測定物の イミュニティ (dB)	信号レベル (dB μ V)	妨害が出始める 電界強度 (dB μ V/m)	DU 比 (dB)

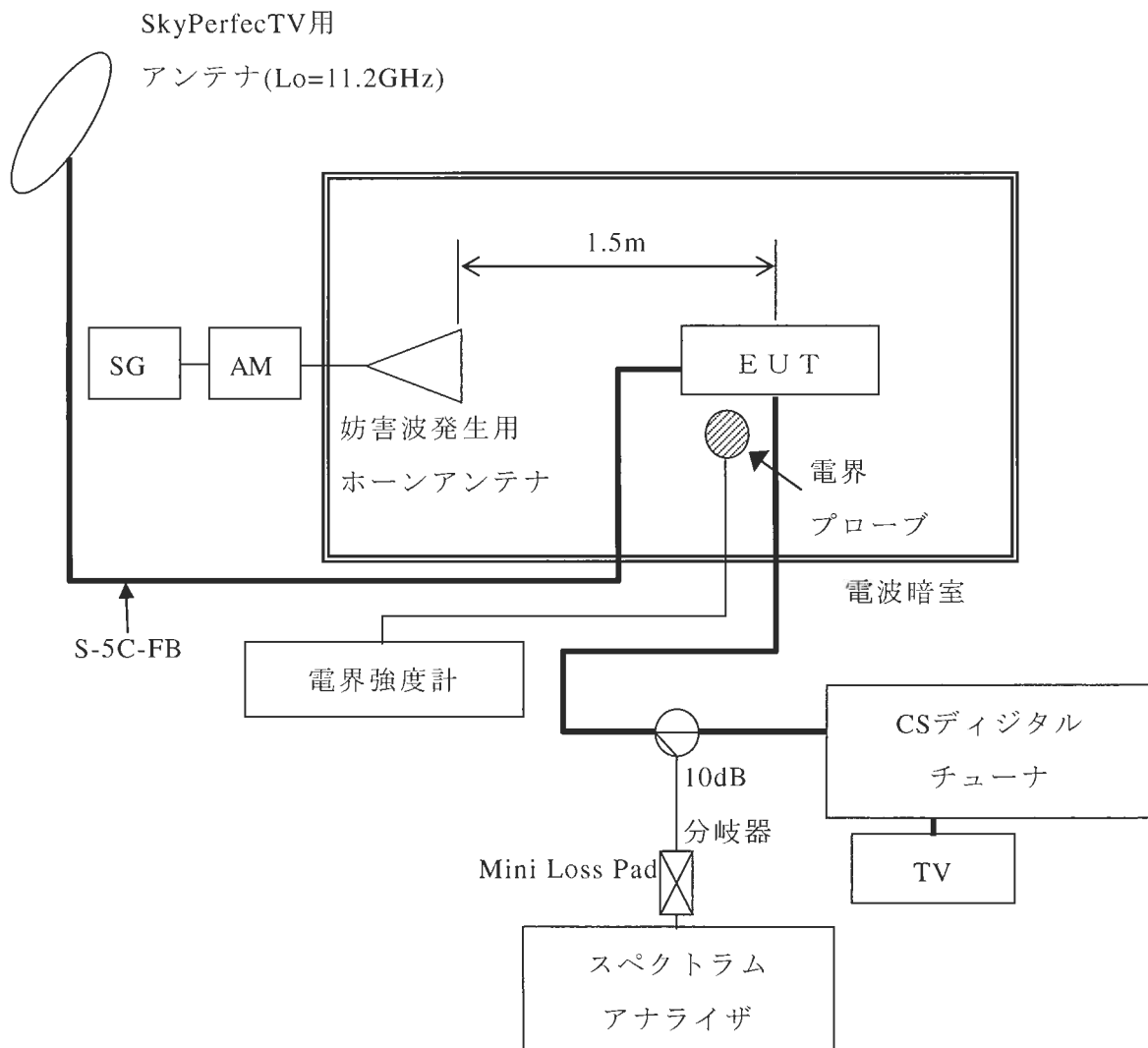


図 1 1 テレビ受信機に妨害を与える電界強度の測定

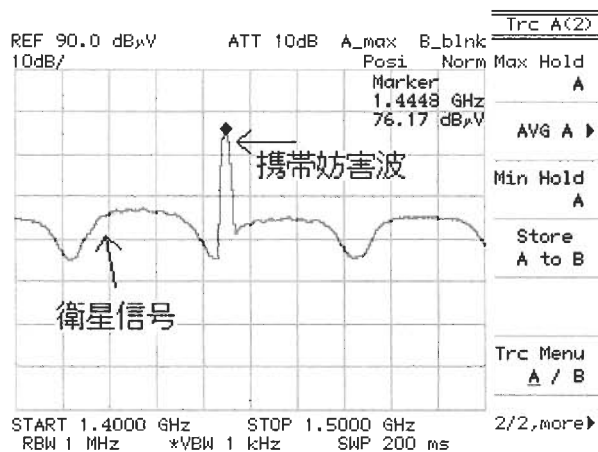


図 1 2 衛星放送に妨害を
与える携帯電話の電波

9 参考文献

- ・ 電子機器の電磁ノイズ対策に関する研究
 ー放射免疫ティの定量的評価に関する研究ー
 名古屋市工業研究所・中部エレクトロニクス振興会 (平成 13 年 10 月)