

# 電子機器の電磁ノイズ防止技術の研究

橋田 鉄雄・萩原 義人・河野 裕・古谷 国夫

## Preventive Technique for Radiated Emission of Electronic Apparatus

Tetsuo KITTA, Yoshihito HAGIHARA, Hiroshi KOHNO and Kunio FURUYA

### 要 約

従来、電子機器から放射される不要電磁ノイズの低減作業は、経験的に試行錯誤を繰り返し処置を行ってきたため、長時間を必要としていた。本研究では、基準信号源を試作し、この測定データを表計算ソフトを用いて解析する手法について検討した。この結果、以下のことが可能になった。

- 1) 背景ノイズと放射ノイズとが明瞭に区別できた。
- 2) 放射ノイズの低減処置を定量的に取り扱うことができた。
- 3) ノイズの発生位置を推定することができた。

### 1. 緒 言

平成3年度に簡易電波暗室を設置して以来、暗室自体の特性評価をはじめ測定方法の改善に関して研究<sup>1)</sup>を進め、県内企業の電子機器開発の技術支援をしてきた。

本年度は、電子機器=供試機器 (EUT) からの不要電磁ノイズ発生を防止するために、ノイズの発生位置を推定する手法と、EUTから発生する電磁波と背景雑音電波の分離方法について研究した。

測定器で観測される電磁波の波形は、放射源によると同時に、放射源と受信機との間の空間 (近傍の構築物、壁面等)<sup>2)</sup> および信号伝送系から影響を受ける<sup>3)</sup>。

EUTの放射する電磁波を測定するためには、EUTを中心とする球面に多数の広帯域受信機を配置し、観測対象周波数帯域で同時に測定することが望ましい。さらに、すべての作動状態について、作動条件と測定結果を対比させることが望ましい。しかし、受信機の多数配置と同時測定には多額の設備費を要するため、EUTを回転台上に置き、ハイトパターン、アングルパターン、ならびに特定周波数の電界強度最大値を記録するにとどまっている。

したがって、測定データは、多要素の周波数現象を1つの周波数軸上へ投影したものにすぎないといえる。

また、測定データには全周波数帯域にわたってEUT以外の機器等から発生する電磁放射も背景雑音として測定され記録される。EUTが放射する電磁波の強度が背景雑音に対して十分大きい場合には容易に区別できるが、小さいと区別することは困難である。

### 2. 実験方法

#### 2-1 基準信号源 (SS) の試作

従来、サイトアッテネーションおよびアンテナ高さと電界強度の関係 (ハイトパターン) の測定には、測定システムに内蔵しているトラッキングジェネレータの出力信号を用いていた。しかし、回転角と電界強度の関係 (アングルパターン) の測定には、回転台上へ放射源をおく必要があるため回転による送信ケーブルの取り扱いに不都合が生じる。これを解決するために、可搬型の信号源が必要になるが、既報の信号源に145MHz帯用アンテナを接続し、基準信号源 (SS) として使用することにした。電源電池および発振回路は市販のアルミボックスに格納し、回路部からの電磁放射をなくした。

このSSの放射する電磁波の実測結果を図1に示す。

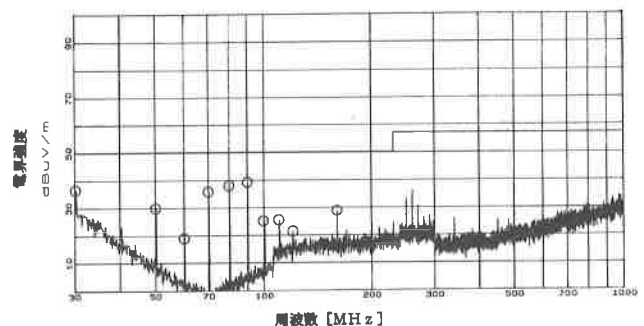


図1 基準信号源の放射ノイズ例

## 2-2 電磁ノイズ発生位置の推定方法

電波暗室内で、回転台上の中心に発信アンテナを垂直に置き、受信アンテナを水平および垂直モードで高さを変えて受信した。測定周波数帯域は30MHz~1GHzとした。

水平、垂直モードにおける無信号時の受信波形を測定し背景雑音とした。これとは別に、比較のためにSSからの出力を直接測定系に加えた波形をも測定した。

EUT (SSがこれに相当) と受信アンテナの間隔と受信電界強度との関係 (距離特性)、アングルパターンおよびハイトパターンを測定した。

さらに、回転台上のEUTの周囲に電波吸収体を配置して、その減衰効果を観察した。

EUTの定めた一方向の距離特性と、反転した方向の距離特性の差から放射位置を推定した。

つぎに先に決定した方向と直交する方向の距離特性の差から同様に放射位置を推定し、2つの推定距離の座標からEUT内部の位置を推定した。

## 2-3 背景雑音の分離方法

周波数-電界強度の実測結果に次の数値演算を施し、背景雑音と対象信号とを分離した。

対象としている周波数帯で背景雑音を複数回測定し、周波数に対する測定値の最大値、最小値および平均値を求めておく。次にEUTが放射する信号の測定データと背景雑音の平均値の差を求め、その差が最大値と最小値の差の範囲内にあるものは背景雑音、その差より大きいものは変換後信号とした。変換後信号に背景雑音の平均値を加えた、周波数-電界強度の関係を離散的に分布したスペクトルとして検討対象にした。

具体的には、周波数帯域 ( $f_{n1}$ ,  $f_{n2}$ ) の間の周波数  $f_n$  の無信号時の電界強度測定値を  $E_{n0}$ 、 $p$  回の測定平均値を  $E_{n00}$ 、最大値を  $E_{nmax}$ 、最小値を  $E_{nmin}$  とする。EUTから放射がある場合の測定値を  $E_n$  とする。 $d = E_n - E_{n0}$  が ( $E_{nmax} - E_{nmin}$ ) の範囲に含まれるならば無視し、それより大きい場合には信号として扱うことにする。この信号に背景雑音の平均値を加えて、先の周波数軸上に再配置すると、微少なリップルを含む連続的な波形が、いくつかのスペクトルで構成される離散的な波形に変換される。

各スペクトルのピークの座標を求めテーブルをつくり初期テーブルとした。

つぎにEUTに遮蔽材を付ける、コンデンサ等の電子部品を付けるなど、何らかの処置をした場合どのスペクトルが変化するかを確認し、同時に先の手法でピーク値のテーブルをつくり、初期テーブルと比較をする。この方法によって、対象信号と背景雑音を分離すると同時に、対象信号の変化 (低減処置) を定量的に取り扱うことが可能になる。

## 3. 実験結果

### 3-1 電磁ノイズ発生位置の推定

周波数70, 80, 90, 100MHzにおける、アンテナとSSの距離による受信電界強度の関係を図2に示す。

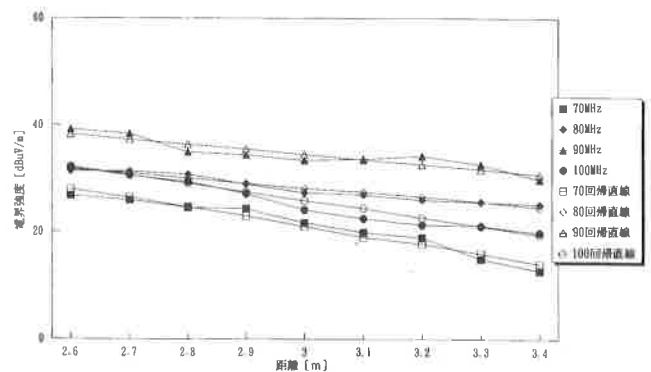


図2 受信アンテナ水平の場合の距離特性

距離と電界強度の関係を直線で近似すると、それぞれの傾きは、すべてマイナスで約17, 9, 10, 16dBuV/m/mとなる。

図3にアングルパターンの一例を示す。

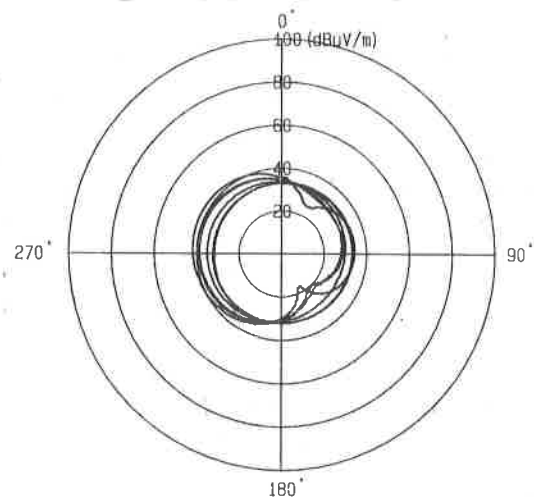


図3 アングルパターン例

回転台中心にアンテナを配置し、回転させた場合、同心円となっている。中心点から偏芯させると、電波暗室の対称性から、アンテナ方向への平行移動の傾向が予測されるが、偏芯の大きさにしたがって2つの回転角でディップが生じている。

周波数1000MHzおよび651MHzの場合のハイトパターンの測定結果をそれぞれ図4, 図5に示す。

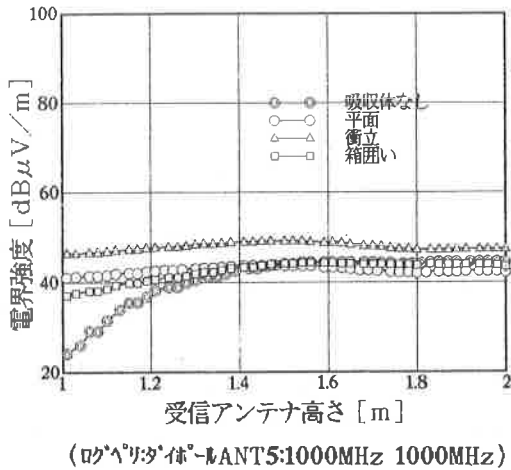


図4

測定条件は以下のとおりである。

周波数 1000MHz, 651MHz

受信アンテナ ログペリオディックアンテナ(水平配置)

床 面 一部電波吸収体敷き詰め

パラメータ 回転台上で発信源を電波吸収体で遮蔽

結果としては、発信源を電波吸収体で箱形に囲った場合は、他の場合より受信レベルが低く強度の変化が少ない。

吸収体がない場合は、アンテナの高さによる変化が顕著である(高さ30cmごとの山谷)。

吸収体の平面配置・衝立配置では、吸収体なしの場合と大きな相違はない。しかし、アンテナの高さが1.8mより上から傾向が変わっている。

これらの結果から、平面配置・衝立配置では、遮蔽効果は少なく、吸収体と電波暗室の壁面、天井面の相互反射が影響しているといえる。

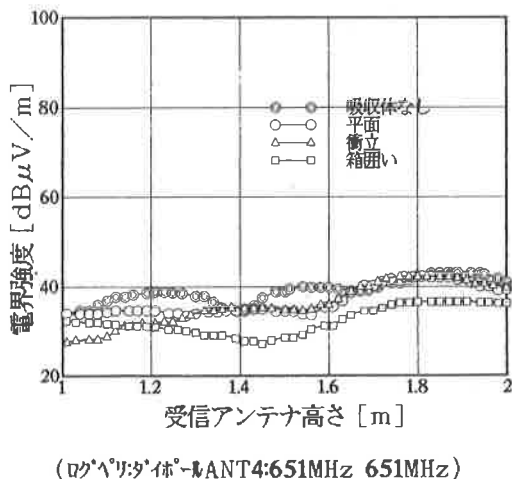


図5

図4と同様に山谷の傾向はあるがピッチが広くなると同時に山谷の差が小さくなっている。また、天井面に近い高さでは傾向が変わっている。箱形に覆った場合は抑止効果大きい。

図4, 図5から低い周波数では衝立を超えて電波が回り込んでいると考えられる。

### 3-2 背景雑音の分離

図6に70~100MHzの周波数帯域で測定したデータから、背景雑音を分離する手法を示す。背景雑音、実測値ともに周波数分布は3回の実測結果の平均値を用いた。

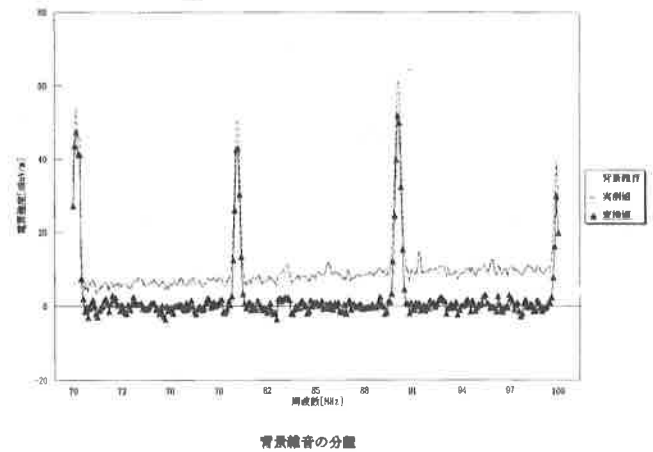


図6 背景雑音の分離

70, 80, 90, および100MHzでの各スペクトルを除いて、背景雑音と実測値の傾向はほぼ一致していると見ることができる。したがって、2つの差をとった変換値が示すように、4つのスペクトル以外では0レベルの近傍にあり、スペクトルではピークが背景雑音平均値分だけ低下している。仮にプラスマイナス5dBμV/m以内の成分を無視すると変換値の各スペクトルが残る。これに各スペクトルの背景雑音平均値を加えると元の実測値のピークと一致する。

全周波数帯域にわたってこの操作をすることによって対象とする信号を、背景雑音から分離することができる。

## 4. 考察

本研究では、多数の周波数成分を含む1個のSSをEUTとして、その信号を測定し、放射する位置を推定することを試みた。実際のEUTでは、いくつかの周波数成分の放射源が多数分布していることになる。したがって、実際の状況により近似させるためには、複数のSSを配置して、各SSの位置が推定できるように測定の精度を向上させるとともに、データの取り扱いについても検討しなければならない。

ここでは測定システムのデータテーブルからピーク周波

数の電界強度を読みとりプロットした。図2の距離特性の実測値が直線と一致しない部分があるのは、周波数のサンプリングの幅の関係で真のピーク値を記録していないためではないかと考えられる。

真のピークを取得するためには、ピーク近傍で、測定データを二次式で近似し、この式から頂点座標を計算する方法が適切であると思われる。

また、図3に示すアングルパターンでは、回転角、言い換えると、回転台上の位置によって受信電界強度が異なり、特に左右の非対称性が顕著である。この原因として、回転角135度の位置については、該当回転角の下部に、50cm<sup>2</sup>の接地板があり、この影響ではないかと考えられる。30度の位置については原因が不明である。

背景雑音の分離に関しては、測定システムのデータテーブルから周波数-電界強度を読み出し、表計算ソフトを用いて計算した。測定システムと表計算ソフトとのデータ形式を統合すれば、全帯域にわたってピークの検出を速やかに行うことができる。

また、スペクトルの抱絡曲線をつくりこれを1つの特徴表現手段とすることによって、広帯域の波形データを直感的にとらえることが可能になると期待できる。

## 5. 結 言

電磁放射の実測データを、表計算ソフトを用いて、解析することによって、背景雑音と目的スペクトルを分離するとともに定量的に取り扱うことが可能になった。

この手法によれば、背景雑音の中の継続的なスペクトルと一過性のスペクトルの識別も可能になるので、電波暗室での測定結果とオープンサイトでの測定結果を比較する際にも有効な手段になる。

### 参考文献

- 1) 佐野照雄他：山梨県工業技術センター研究報告7 p16 (1993)
- 2) 須藤浩章他：有限反射板の影響を考慮した3m法サイト減衰量の解析 電子情報通信学会技術研究報告 EMCJ91-86
- 3) 松井利巳：EMC/EMIアンテナの校正 電子情報通信学会技術