

## EMC測定データによるノイズ放射源の推定方法の研究

戸枝保\* 宗形隆史\*

### Study on Localization Method of Noise Emission Source by EMC Measurement Data

TOEDA Tamotsu\*, MUNAKATA Takashi\*

抄録

EMC 試験における放射ノイズ発生原因の切り分け作業を支援するため、測定データからノイズ源の位置を推定する方法について検討した。時間的な負担を極力減らすため特別な測定を一切行わず、通常の測定の中で得られるハイトパターン測定結果のみを用いる推定方法とした。空間的に大きな分布を持たない小型のノイズ源に対して、200MHz～1GHzの周波数においてノイズ源高さを概ね 0.1m の精度で推定可能であり、所要時間も 1 分程度であるノイズ源推定支援システムが開発できた。

キーワード：EMC，放射ノイズ，ノイズ源，波源位置推定，ハイトパターン

## 1 はじめに

様々な機器の電子化・情報化が進むにつれ、EMC(電磁両立性)の重要性が増すとともに、システムを構成する機器や機能が複雑化している。したがって、機能の入切や配線変更などの試行錯誤による、ノイズの原因を探すための切り分け作業に時間を要することが多く、速やかにノイズ源の位置を探し出すことが求められている。

このような目的のため、電磁界測定結果から波源の位置を可視化する研究の中でも、実際の EMC 試験現場における測定機器のみで測定可能な方法が研究されている<sup>1)</sup>。しかし、この方法はターンテーブル回転とアンテナ昇降による円筒面上の多くの測定点で測定を行う必要があり、設備的な観点からは容易であるが、時間的な制約からは逃れられてはいないと考えられる。また、ターンテーブル回転に伴う電界強度の変化は、実際の製品においては大変複雑なものとなる場合が多く、筐体

や他のシステム構成機器の影響のためノイズ源の位置の推定が困難となることが予想される。

そこで本研究では、通常の EMC 試験におけるアンテナ昇降によるデータのみを用い、時間的な負担をほとんど必要とせず、実用性の高いノイズ源推定支援システムを作成し、電波暗室利用者の技術支援となることを目標とする。

## 2 研究方法

### 2.1 原理

ノイズ源の設置高さを変えると電界強度測定結果が大きく変化する<sup>2)</sup>。しかしノイズ放射の強さは被測定物毎に異なるため電界強度によりノイズ源の位置について推定することはできない。そこで、本研究では、アンテナ昇降に伴う電界強度測定値の変化であるハイトパターンに着目した。図1にハイトパターンの発生原理を示す。EMC 用の電波暗室(電波半無響室)では、ノイズ源から直接アンテナに達する直達波に加え床反射波が存在する。アンテナ位置における直達波と床反射波

\* 電子情報技術部

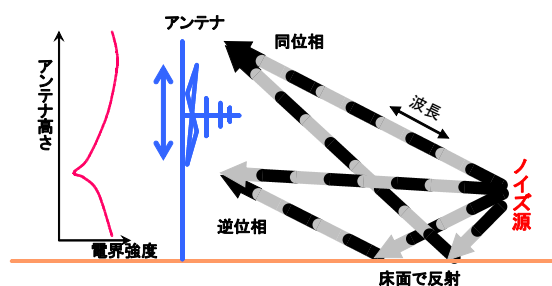


図1 ハイトパターンの発生原理

の位相差は、それぞれの経路長の差により決定され、同位相の場合は強め合い、逆位相の場合は弱め合うため、測定される電界強度は、アンテナ高さにより大きく変化する。

直達波と床反射波の経路差はノイズ源側の高さによっても変化するため、ノイズ源の高さによりハイトパターンが変化する。本研究では、逆にハイトパターンからノイズ源の高さの推定を行う。ハイトパターンの発生は電波暗室(電波半無響室)の特性が主な原因であり、実際の製品の筐体やシステム構成機器等の影響が比較的少ないと考えられる。また、EMC 試験の電界強度測定においては、電界強度が最大となるアンテナ高さを求めるためにハイトパターンを測定するので、本手法では特別な測定を一切必要としない。

研究の手順としては、まず既知のノイズ源の高さに対してハイトパターンの計算値を算出する手法について検討する。次にハイトパターンの計算値と実測値を比較することにより未知のノイズ源の高さの推定を行う。

## 2.2 ハイトパターンの算出

本研究では、EMC 試験の現場での実用を第一に考え、短時間で計算を行うため、いくつかの仮定を設けた。まず、現実の測定物においては、ノイズ源は様々な方向や分布をもつと考えられるが、水平偏波測定時のノイズ源は水平方向、垂直偏波測定時のノイズ源は垂直方向に置かれた微小ダイポールからの放射パターンと仮定した。

アンテナは、大型で複雑な形状のパイログアンテナを空間的な広がりを持たないものとして扱った。但し、アンテナ位置における位相やアンテナの指向性を考慮して直達波と床反射波を合成する

必要がある。したがって、アンテナの実効的な位置を周波数毎に正確に求めるため、使用するパイログアンテナ(Schaffner CBL6111C)をモデル化してFDTD法(MAGNA/TDM)によりシミュレーション計算を行い、ほぼ同心円状に放射される中心をアンテナの実効位置として求め実装した。また、アンテナの放射パターンも同じくシミュレーション計算により求め実装した。それぞれのシミュレーション計算例を図2、3に示す。

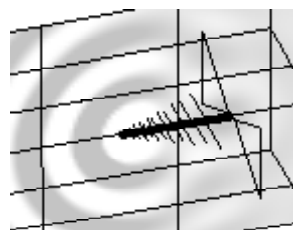


図2 アンテナ実効位置の解析例(700MHz)

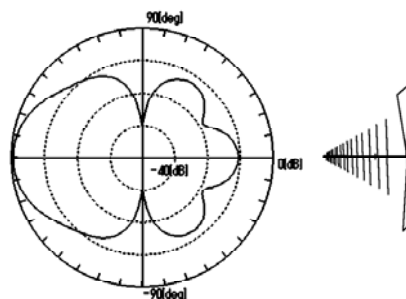


図3 アンテナ指向性解析例(垂直偏波200MHz)

## 3 結果及び考察

### 3.1 アンテナのモデル化の効果

シミュレーション計算で求めたアンテナの実効位置を用いたハイトパターン計算値を、アンテナの基準位置を用いたものと比較して図4に示す。

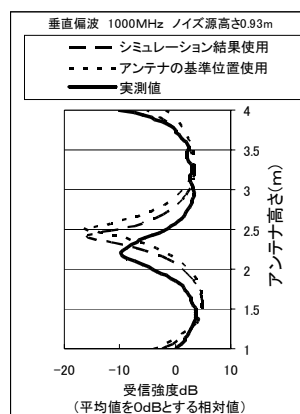


図4 アンテナ実効位置考慮による計算精度向上

これは経路長の違い、すなわち位相の差として影響するため、最も打ち消し合うアンテナ高さの違いとして現れており、シミュレーション計算で求めたアンテナ実効位置を用いることにより、より実測値に近いハイトパターン計算値が得られた。実測値は、電源ケーブル等を持たない小型のノイズ源（ノイズジェネレータSchaffner CNE6500B）を測定したものである。

次に、シミュレーション計算により求めた指向性に基づくハイトパターン計算値を、ダイポールアンテナの指向性理論値で代用したものと比較して図5に示す。指向性は強さに関する量であるため、打ち消し合うアンテナ高さではなく受信強度において、シミュレーション計算結果を用いた計算値に精度の向上が見られた。

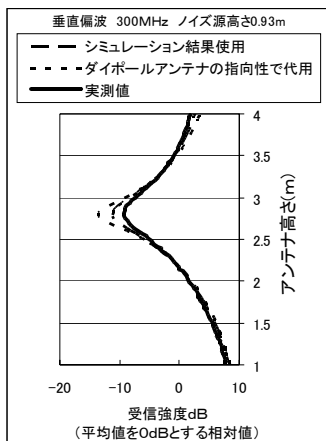


図5 アンテナ指向性考慮による計算精度向上

### 3.2 天井反射の影響

図6に示すように、水平偏波において、直達波と床反射波から求めたハイトパターンが実測値と大きく異なる場合が見られた。水平偏波は床反射時に位相が反転するので、直達波と床反射波の経路長の差が小さい低い周波数では、弱め合う関係となる。したがって直達波と床反射波以外の要因の影響が現れてきたものと考えられる。それはハイトパターンに影響を与えていることからアンテナの昇降に伴い経路長が大きく変化するものであると考えられ、天井反射が原因として挙げられる。

天井反射を考慮した計算結果を図7に示す。直達波と床反射波だけでは説明できないハイトパタ

ーンが、計算値でも比較的良好に再現できたといえる。天井の電波吸収率を実測することは、吸収体の有無による比較を行えないことや、比較的低い周波数のため直達波等の影響をさけられないことなどから困難である。したがって本研究ではハイトパターン計算値と実測値を比較しながら試行錯誤的に推定した電波吸収率を用いた。

なお、EMC 試験においては測定値が最大となるアンテナ高さを用いるので天井反射波の影響は小さいと考えられ、本研究に用いた電波暗室は、EMC 規格に適合した性能であることを念のため付記する。

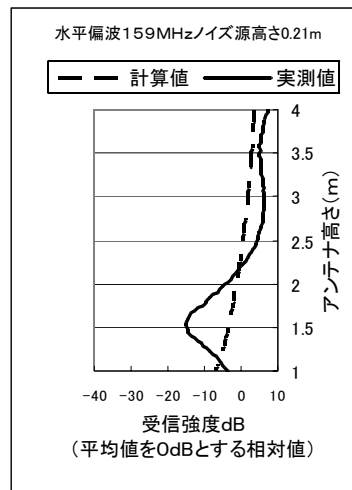


図6 直達波と床反射波による計算値

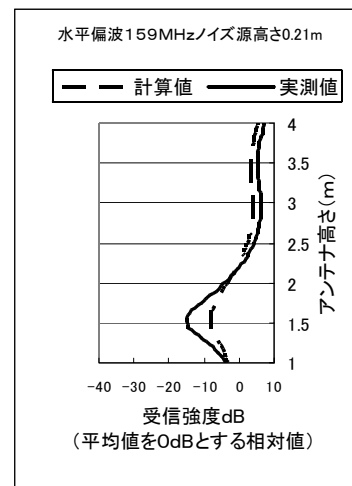


図7 天井反射を考慮した計算値

### 3.3 ノイズ源高さの推定結果

次に、ハイトパターン計算値が実測値に最も近づく高さを推定ノイズ源高さとして求めた結果を

図8、図9に示す。いずれも低い周波数において正しい推定ができていないが、波長が長いと位相の差が小さいためと考えられる。すなわち水平偏波においては直達波と床反射波が弱め合い天井反射等正確に計算できない要素の影響が相対的に強まるため、また垂直偏波においては直達波と床反射波が強め合うばかりでハイトパターンが単調に変化に乏しいものになるためと考えられる。

特に水平偏波でノイズ源が床に近い場合は比較的高い周波数まで推定の誤差が大きいが、このような条件では位相差がほとんど無く直達波と床反射波が非常に弱め合っているため、EMCにおける実用を考える場合は問題とならないといえる。

また、図9において600MHzノイズ源高さ0.53mの場合の誤差が大きいが、この誤った推定結果のグラフと、実際のノイズ源高に対する計算値を図10に示す。推定方法として誤差の小さいものを選ぶ場合、形状の特徴が似ていてもdB値として差が大きいものは推定結果として選ばれていないことがわかる。このような場合に適する推定方法として、実測値と計算値の相関係数が大きいものを選ぶ方法が考えられる。この推定方法の場合は、正しく0.53mと推定された。

以上から、推定方法として誤差最小と相関最大を併用することにより、水平偏波・垂直偏波ともに200MHz以上の周波数であればほぼ±0.1mの精度でノイズ源の高さ推定が可能であるといえる。

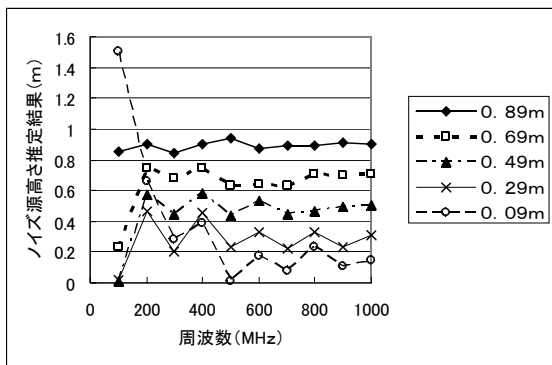


図8 ノイズ源高さ推定結果 (水平偏波)

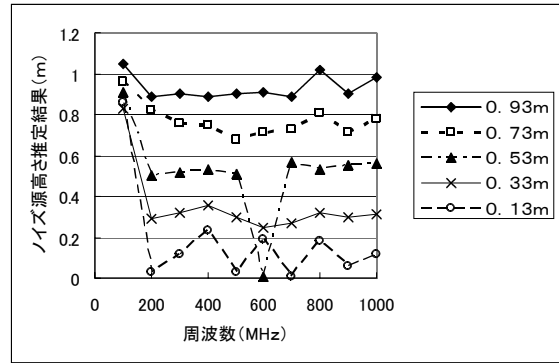


図9 ノイズ源高さ推定結果 (垂直偏波)

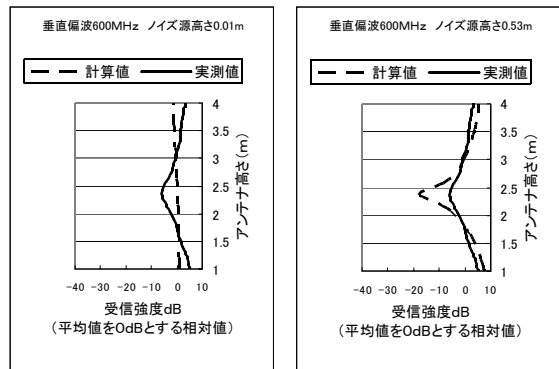


図10 誤った推定と真の高さに対する計算値

### 3.4 大きなノイズ源の場合

実際の製品を測定した場合、予想されるハイトパターンとならない場合があり、ノイズ源が大きな寸法で分布することが原因と思われるため、このような場合について調べた。ノイズ源としては、机上から床上0.04mまで垂直に下ろしたケーブルが主なアンテナとなるような、全高0.95mの被測定物を用いた。その結果、図11に示すように、実測ハイトパターンは、ノイズ源が上部、下部、中央部などいずれの場合のハイトパターン計算値とも一致しないことがわかった。したがって、どの高さのノイズ源に対するハイトパターンも一致しない場合は、大きな寸法のノイズ源であることが推定できるものと考えられる。

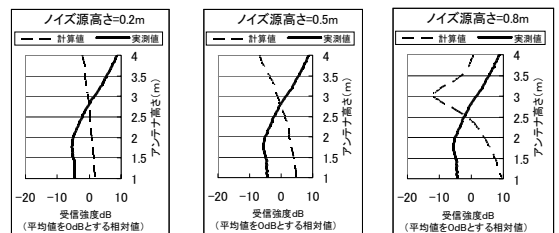


図11 分布するノイズ源の場合 (垂直偏波319MHz)

### 3.5 実機への適用

センターの電波暗室利用企業の製品に対する実際の EMC 測定結果に対して本研究の手法を適用したところ、ハイトパターン実測値と、特定の高さに対するハイトパターン計算値がよく一致した。したがって実際の製品においても適用可能であることが確認された。

### 3.6 ノイズ源推定支援システム

開発した推定支援システムの画面を図12に示す。開発にはMicrosoft ExcelとVBAを用いた。

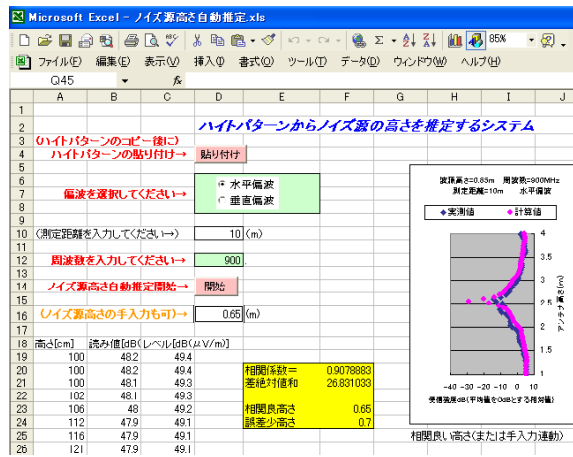


図12 推定支援システムの画面 (部分)

使用方法は、まず放射ノイズ自動測定ソフトウェア (東陽テクニカEP5/RE) に備わった機能によりクリップボードにコピーしたハイトパターンを、開発したシステムに設けた「貼り付け」ボタンによりEXCELのシートの特定位置に貼り付ける。偏波と周波数を設定後「開始」ボタンを押すことにより推定を開始し、誤差最小および相関最大となるノイズ源推定高さにおけるハイトパターン計算値を実測値と併せてグラフ表示する。

また自動推定が必ずしも最適でない場合に目視でハイトパターンの一致するノイズ源高さを見つけ出す目的と、大きな寸法のノイズ源の場合など、いずれのノイズ源高さに対する計算値も実測値と一致しないことを確認する目的で、ノイズ源高さ0.1mから1.5mの範囲で0.1m毎の各ハイトパターン計算値を実測値と比較したグラフの一覧も表示することとした。

計算に要する時間は、Pentium4 2.40GHzのCPU

を使用したPCにおいて15秒程度であり、データのコピー、貼り付けなど準備作業を含めても1分以内で終了するため、高額な電波暗室の利用時間及び対策等に当てる時間にほとんど負担とならない実用性の高いシステムとなったといえる。

## 4 まとめ

### (1) ハイトパターン計算値の精度向上

実際に電波暗室で使用しているパイログアンテナをモデル化したシミュレーション結果を使用し、また直達波と床反射波に加え天井反射も考慮したことにより、ハイトパターン計算値を実測値に近づけることができた。

### (2) ノイズ源の高さ推定

ハイトパターンの実測値と計算値を比較することによりノイズ源の高さの推定を行ったところ、小型のノイズ源に対して、概ね200MHz～1GHzの周波数においてノイズ源高さを0.1m程度の精度で推定できた。

### (3) ノイズ源推定支援システム

通常の測定の中で行われるハイトパターン測定結果のみを用いることにより所要時間も1分程度であるノイズ源推定支援システムが開発できたので、今後電波暗室における技術支援に活用していきたい。

## 参考文献

- 1) 石田康弘, 山口雄一, 徳田正満: CISPR 測定系を用いた電流値推定による放射妨害波源の可視化, 電子情報通信学会論文誌 B, **J84-B**, 3 (2001) 570
- 2) 戸枝保, 能戸崇行: 電磁ノイズ測定の再現性に関する研究, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **2**, (2004) 79