

1GHz以上の放射妨害波測定場としての適正評価

情報システム室 城之内 一茂, 名和 礼成

Appraisal as RF-Anechoic Chamber over 1GHz

Kazushige JOUNOUCHI and Yukinari NAWA

当所簡易電波暗室をFDTD法により解析し、NSA法における水平偏波60[MHz]近辺における暗室特性の悪化要因を検討した。この結果、暗室の幅が特性悪化の主要因であることを示した。これを基に、現状の暗室特性に影響を与えずに当所簡易電波暗室を1[GHz]以上での測定場として使用が可能となるような電波吸収体の配置を検討し、FDTD法によりその妥当性を検証した。これにより、SVSWR法における評価基準である6[dB]に収まる電波吸収体の効率的な配置を決定した。

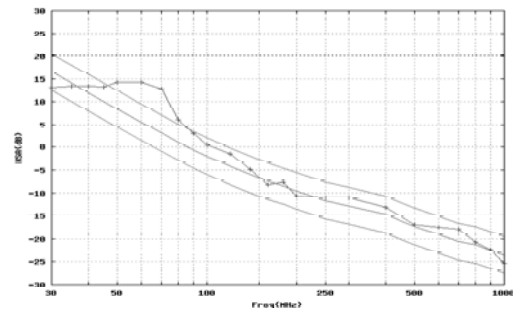
1. はじめに

近年の情報化社会の進展により、無線利用周波数の拡大、情報機器の動作周波数の向上が図られてきた。これに対し、CISPR(国際無線障害特別委員会)においてより高い周波数における放射妨害波への国際的な規格化が行われ、国内においても情報通信審議会から平成19年7月に一部答申が出された。これを受け、VCCI(情報処理装置等電波障害自主規制協議会)においても平成20年4月の規約改正により、自由空間における6[GHz]までの規制値及び測定法が示され平成22年4月から適用となる。また、自由空間の18[GHz]までの評価法として、SVSWR(サイトVSWR)法が規定された¹⁾。

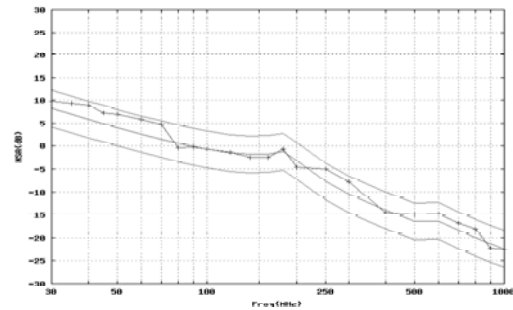
本報では、前報に続き現状の電波暗室の評価を行い、現状の暗室特性を悪化させる要因の解析を行った。また暗室の改造にあたり、効率的な電波吸収体の追加位置の検討のため、光学的手法により配置を決定し、その妥当性を評価するためFDTD法による解析を行った。

2. FDTD法による現状の簡易電波暗室の解析

前報では、モーメント法を用いて簡易電波暗室におけるNSA補正係数を決定し、それに基づきNSA法による現状の簡易電波暗室の評価を行った。この結果、水平偏波の80[MHz]以下の帯域において、NSA法における適正值である理論値 ± 4 [dB]を超える値を示し、求められる性能が出ていないことがわかった(図1)。そこで、本報ではFDTD法を用いて簡易電波暗室の特性を解析し、特性に影響を与える要因を検討した。



(水平偏波)



(垂直偏波)

図1 NSA法による暗室評価

2.1 解析条件

暗室の大きさが暗室特性に与える影響を解析するため、電波暗室のサイズを当所の簡易電波暗室サイズである $L \times W \times H = 7.0 \times 3.0 \times 3.0$ [m]、東葛テクノプラザのサイズである $9.0 \times 7.5 \times 6.0$ [m]、及び当所の暗室サイズの各要素を東葛テクノプラザのサイズに拡張した場合の計5つの暗室サイズにおける解析を行った。解析空間のセルサイズは、解析に用いた計算機の制約から一辺0.03[m]に分割することとした。なお、解析周波数はNSA測定の結果から代表値として60[MHz]により行った。

解析要素としては「壁及び天井(完全電気壁+フェライトタイル)」「グラウンド床(完全電気壁)」「80MHz同調ダイポールアンテナ(完全導体)」を構成要素とした。ここで、当所簡易電波暗室暗室の電波吸収体は誘電体とフェライトタイルの複合吸収体であるが、解析する周波数帯域においてはフェライトタイルによる吸収が支配的であるため、フェライトタイルのみをモデリングすることとした。しかし、フェライトタイルを正確にモデリングするにはセルサイズをフェライトタイルの厚みである数[mm]まで細かくしなければならず、必要なメモリ容量の増加・計算量の増大といった計算資源の増大を招く。このため、吸収特性が同じで厚みを増やした等価フェライトタイルを構成することにより、効率的な解析を行うこととした。

ここで、文献²⁾から、完全導体とフェライトタイルにより構成された電波吸収対のインピーダンスは、式(1)により表される。

$$\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r} \tanh\left(j \frac{2\pi d}{\lambda_0} \sqrt{\mu_r \cdot \epsilon_r}\right)} \dots (1)$$

このことから、等価フェライトタイルの物性値は式(2)により表されることとなる。

$$\mu_2 = \frac{d_1}{d_2} \mu_1, \quad \epsilon_2 = \frac{d_1}{d_2} \epsilon_1 \dots (2)$$

本報では、式(2)により0.06[m]厚の等価フェライトタイルとして解析を行った。

2.2 解析結果

各モデルに対する解析結果を表1に示す。この結果から、現在の暗室における特性悪化の主要因は暗室の幅が支配的であることがわかった。また、暗室の幅自体の影響か、暗室の幅により制限を受けるグラウンドの大きさによる影響かを切り分けるため、幅広の6面暗室に幅3.0[m]のグラウンド板を敷設した状態での解析も行ったが、4.3[dB]という結果であり、影響はあるものの支配的ではないことが伺えた。

3. 電波吸収体の追加位置の検討

1[GHz]以上の暗室に求められる自由空間を得るには、少なくともグラウンド面に電波吸収体を設置する必要がある。また、現在の電波吸収体特性が必要な帯域で不足していれば、必要な特性の電波吸収体の追加設置が必要となり、その一番確実な配置は全面に敷設することである。しかし、前項の暗室解析結果から電波吸収体の追加設置による暗室幅の減少は現在の1[GHz]以下での暗室特性へ悪い影響を与えかねず、効率的な配置の検討が必要となる。

そこでまず、現在の電波吸収体の特性を評価すべく、1[GHz]以上の帯域における吸収特性の測定を行った。次に、電波吸収体の効率的な追加位置を検討するため、光学的な検討を行い、その設置効果検証のためにFDTD法による解析を行った。

3.1 既設電波吸収体の評価

現在の電波吸収体が1[GHz]以上の帯域においてどの程度の反射特性をもつか評価するため、建築学会により示された手法³⁾により評価を行った(図2)。使用機器はDRGH(ダブルリッジドガイドホーン)アンテナBBHA9120B(Schwarzbeck), VNA(ベクトルネットワークアナライザ)37247C(アンリツ)を用いた。この結果、入射角0°における反射率は2.0[GHz]において-4.1[dB]と、すでに電波吸収体として十分な特性を持っていないことがわかった。

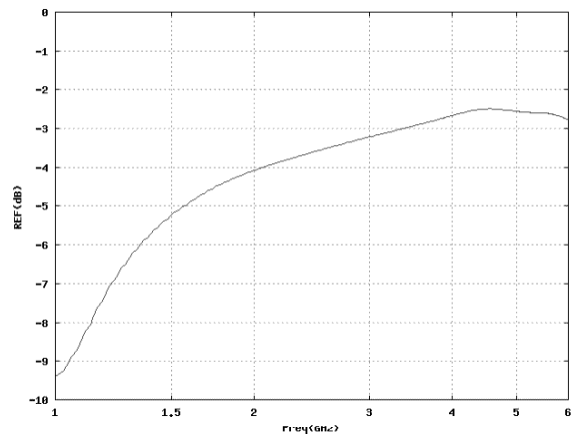


図2 電波吸収体特性

表1 FDTD法による暗室特性の解析

暗室名	産技研	東テク	幅改善	長さ改善	高さ改善
ΔNSA[dB]	8.3	1.8	3.3	7.8	8.9

3.2 SVSWR法による評価

1[GHz]以上の暗室に求められる自由空間の評価法として、SVSWR法が規定された¹⁾。この手法は、その暗室において測定する試験体の規模に応じ円柱状の試験体積を決定し、その試験体積に応じて決められる測定点・高さにおいてバラツキ(定在波)を測定することにより評価するものである。今回は、試験体積として当所暗室のターンテーブルの大きさ(直径0.6[m])を設定した。これは、前報の解析から現在使用している木製テーブルでは1[GHz]を超える帯域への影響が大きく、発泡スチロールブロック等の支持台を用いる必要があるため、回転部以上の領域を設定することが難しいためである。

3.3 光学的な検討

光学的な検討にあたり問題を簡略化するため、試験体積に応じて決められる測定点に設置するアンテナの指向性等を考慮し、垂直偏波に対する壁面の影響についての検討を行うこととした。これは、床面に設置する電波吸収体は半無響室としての使用時は取り外すものであり、設置するにも床面の決められた位置に設置するだけであり、また、受信アンテナは天井面から2.0[m]離れており、文献⁴⁾によると反射の影響は限定的であることがわかる。このことから、二次の反射までの光学的経路を考慮し、電波吸収体を以下の反射面に配置することとした(図4)。

3.4 FDTD法による検証

前項で検討した配置を検証するため、二次元FDTD法による解析を行った。設置する電波吸収体は、高さ0.08[m]、反射率-15[dB]のピラミッド型吸収体を模し、その物性値は文献¹⁾による多層誘電体への近似法を用いて所望の反射率を持つような値とした。なお、電波吸収体を設置していない部分は完全電気壁とした。解析空間のセルサイズは、解析周波数と用いる電波吸収体の大きさから0.01[m]とした。

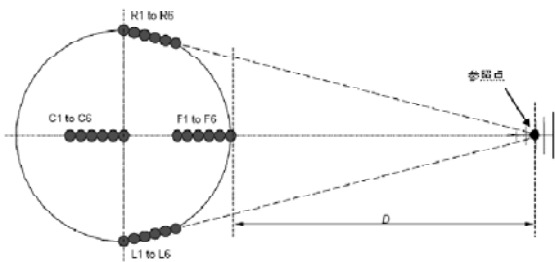


図3 SVSWR法による評価位置¹⁾

評価方法としては、FDTD解析における効率をこれは、実際の測定に使う受信アンテナを送信アンテナとして用い、試験体積により決定される測定点における電界強度を測定するものである。このため、FDTD法による解析にはアンテナを正確にモデリングする必要があるが、演算資源の制約から解析空間を細かなメッシュで区切る事はできず、当所で使用しているDRGHアンテナを正確にモデリングすることは困難である。そこで、今回の検証ではDRGHアンテナと同じ指向特性を持つアレーアンテナを構成することにより解析を行った。なお、アレーアンテナの各素子に印可する信号の振幅及び位相はGA⁵⁾(遺伝的アルゴリズム)を用いて決定した。ここで、構成したアレーアンテナの特性上、電磁波はアンテナの前後に向かって放射されることとなるが、実際の測定においてはDRGHアンテナは後方に指向性はなく、またアンテナ後方の壁を反射する電磁波は伝播により十分減衰されることから、今回はアレーアンテナ後方に理想的な吸収特性を持つPML吸収境界を配置し、後方に伝搬する電磁波を吸収させている。

3.5 FDTD法による検証結果

前項で決定した光学的検討による配置における解析を行ったところSVSWRは最大16.0[dB]となり、評価基準である6[dB]を超えてしまった。そこで、電波吸収体の不足している面を検討するため、側面及びアンテナ前面を各々PML吸収境界として解析を行った。この結果、側面をPML吸収境界にした場合では基準を満たせなかったが、正面をPML吸収境界にした場合は基準を満たす結果となった。そこで、正面の電波吸収体を0.6[m]増やした条件で解析したところ、SVSWRは5.3[dB]となり、基準を満たす結果となった。また実際の測定時におけるアンテナの設置誤差を検討するため、送信アンテナを横にオフセットした状態での解析も行ったが、これらの解析結果も評価基準である6[dB]を超えることはなかった。

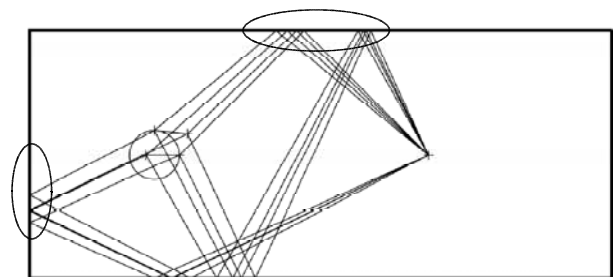


図4 光学的検討による配置

4. まとめ

現在、各社から既存暗室に追加設置するための電波吸収体が開発されているが、既存の電波吸収体と同調を取るために既存誘電体の除去が必要であったり、重量的に壁面への敷設に大きな工事を伴うなど、安易に設置が行えるものではない。しかし、必要最小限となる電波吸収体の配置を検討・解析をおこなったことにより、電波吸収体を貼り付けたパーテーションを必要な位置に立てかける等により、簡易電波暗室を1[GHz]以上の測定場として活用し、また現状の特性に影響を与えない運用の可能性も考えられる。

参考文献

- 1) 自主規制措置運用規程付則 1 技V-3/2008. 04, 情報処理装置等電波障害自主規制協議会, 2008
- 2) 清水康敬ほか:最新電磁波の吸収と遮蔽, 日経技術図書(株), 1999
- 3) 影山健二ほか:自由空間タイムドメイン法を用いた電波吸収対性能評価計測方法, 建築学会電波環境小委員会電磁場計測評価WG, 2000
- 4) 篠塚隆ほか:EMCCレポート第18号, 不要電波問題対策協議会, 2002
- 5) 石田良平ほか:パソコンで学ぶ遺伝的アルゴリズムの基礎と応用, 森北出版(株), 1997