

簡易電波暗室における 1GHz 超の電磁界強度の特性向上に関する研究

清水 章良・木島 一広・河野 裕

Research on improving characteristics of electric field strength above 1GHz in anechoic chamber

Akio SHIMIZU, Kazuhiro KIJIMA and Hiroshi KONO

要 約

電子機器の高速化が進み、電子機器から放射される GHz 帯域の高周波ノイズについても様々な規格で規制されるようになり、当センターの簡易電波暗室を利用している企業からもその測定要望が増えてきている。しかし、当センターの簡易電波暗室では規格で要求されている特性（サイト電圧定在波比{SVSWR}6dB 以下）を満たしていないため、その対応が求められている。本研究では、SVSWR の現状把握を行い特性悪化の原因を追及し、対策を施すことにより特性の改善を試みた。その結果、テストボリュームを 1.2m にした場合において SVSWR を 6dB 以下にする電波吸収体配置を実現することができた。また、利用企業が GHz 帯の放射 EMI 測定を実施することを考慮し、迅速かつ利便性の高い電波吸収体レイアウトを実現した。

1. 緒 言

電子機器から放射される電磁波ノイズに関して、他の機器に悪影響を及ぼさないように世界各国で規制が行われている。近年では電子機器の高速化により機器内部で使用している周波数帯域が 1GHz を超えるようになってきている。それに伴い 1GHz 超の周波数帯域についても 2005 年から cispr（国際無線障害特別委員会）22¹⁾において許容値が設定されるようになり、日本においても自主規制ではあるが VCCI 協会が情報技術装置に対して許容値が設定された。

企業においては、自社製品が規格で定められている許容値を超える電磁波を放射していないかどうかを検査するために、電波暗室で測定を行う必要がある。当センターでも簡易電波暗室を保有しており、放射 EMI 測定や雑音端子電圧測定などの各種規格試験前の対策用の電波暗室として企業に利用されている。

1GHz 超の放射 EMI 試験の場合は電波暗室に求められる特性が MHz 帯域の場合と異なっており、現状において当センターの電波暗室は特性を満たしていない状況にある。そこで、本研究では当センターの簡易電波暗室での 1GHz 以上の放射 EMI 測定の精度を高めるために規格で定められている特性を満たすような電波暗室の状態を確立するとともに、企業の利便性を考慮した電波吸収体レイアウトの最適化について検討を行った。

2. 実験方法

2-1 SVSWR 法

VCCI で定められて 1GHz 超における放射妨害波測定用試験場に求められる特性の評価²⁾は円柱の形を持つ体積空間（テストボリューム）に対して行われる。図 1 に示すように、テストボリュームの受信アンテナ側に最も近い点を F6、中心点を C6 とし、テストボリュームの左右の最も遠い点 L1, R1 から受信アンテナに向けて 40 cm 近づけた点を L6, R6 と決定する。C6, F6, L6, R6 の 4 点を基準に、受信アンテナから 2 cm, 10 cm, 18 cm, 30 cm, 40 cm 遠ざけた点をそれぞれ C5-C1, F5-F1, L5-L1, R5-R1 と定める。F, C, L, R の各地点において、6-1 の位置に送信アンテナを設置した時の受信強度を測

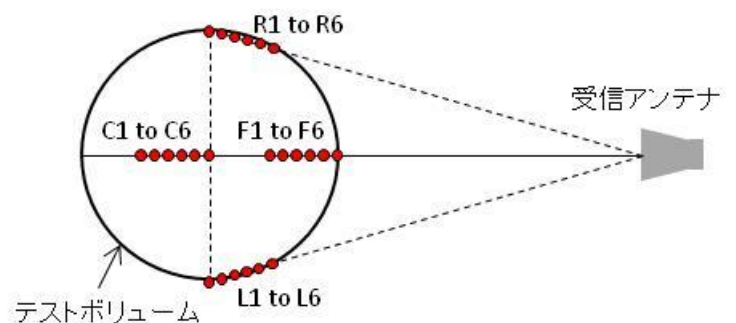


図 1 SVSWR 測定位置（水平面方向）

定し、距離補正を行った後の偏差が 6dB の範囲内に収まっていれば、その試験場は適合していることになる。送受信両アンテナの高さはテストボリュームの底面から 1m の高さもしくはテストボリュームの中間点にて行い、F の位置ではアンテナ高さをテストボリュームの上面にした場合の測定も実施する。偏波は垂直水平の両偏波に対してそれぞれ評価を行う。

MHz 帯域の放射 EMI 測定の場合は床面に電波吸収体を設置しない 5 面暗室の状態での測定を実施するが GHz 帯の測定の場合には、反射波の影響を極力少なくする必要があり、そのため床面に追加の電波吸収体を置くことができる。電波吸収体はテストボリューム内に置いても良いがテストボリューム底面より 30 cm 以下にしなければならない。図 2 に床面に電波吸収体を設置した一般的なレイアウトを示す。

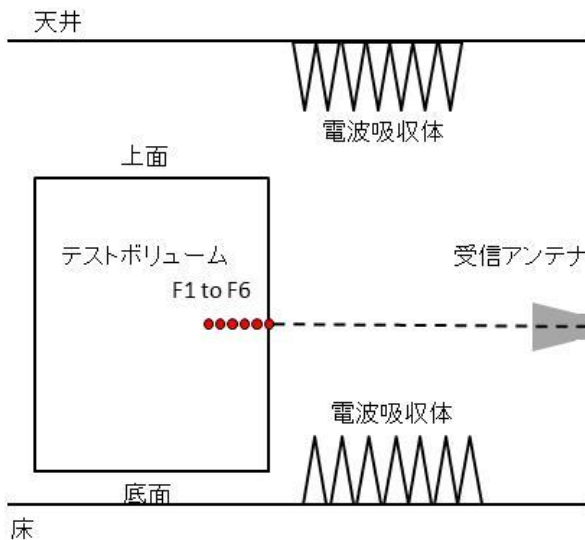


図 2 SVSWR 測定位置 (高さ方向)

2-2 測定条件

当センターの簡易電波暗室で使用しているターンテーブルの直径が 1.2m であるので、テストボリュームの直径も 1.2m と設定した。テストボリュームが 1.5m 以下なので C の地点での評価は不要であり F, L, R の 3 地点での評価とした。高さ方向に関しては、当センターの簡易暗室は天井高が低いため、テストボリューム上面での測定は行わず床面より 1m の高さに固定して測定し評価を実施した。

測定に使用した機器は表 1 のとおりであり、VCCI 規定の測定上限周波数の 6GHz まで 1MHz 間隔で測定を行った。測定に用いたシステムはデバイス製の SVSWR 評価ソフトウェア (図 3) で測定の際には SVSWR の評価に加えノイズフロアと受信信号の差(S/N 比)が 20dB 以

上確保されていることの確認も同時に行った。

表 1 使用機器

機器名	メーカー・型式
ネットワークアナライザ	Agilent Technologies E5071C
受信アンテナ	ROHDE&SCHWARZ HF906
送信アンテナ	SCHWARZBECK SBA9119
電波吸収体	サンテクノス AEP-4, AEP-8 リケン環境システム PFP-30, PFP-30-GP
測定システム	デバイス DT3433, DT5134

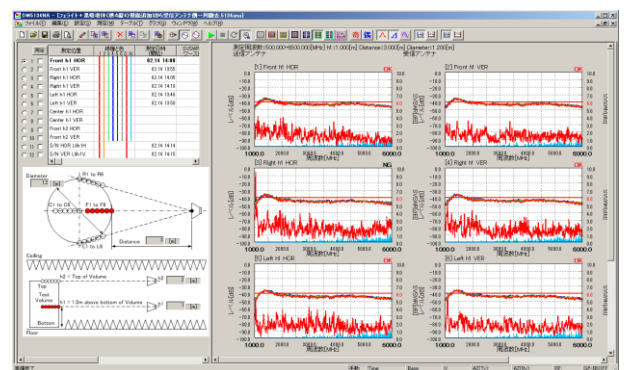


図 3 SVSWR 測定ソフトウェア

3. 結果と考察

3-1 現状での SVSWR 評価

床面に置く電波吸収体の影響がどの程度あるのかを確認するために、5 面暗室の状態での地点 F における水平偏波の SVSWR 特性を測定した。(図 4) この状態は床面がグランドプレーンで GHz 帯用のウレタン電波吸収体 AEP-4 が壁面と天井面に縦 4 列×横 4 列の 16 個ずつ取り付けてある状態である。ほとんどの周波数帯において SVSWR が 6dB を超えており、最大値で 51dB 超の値となっている。F1 から F6 の個々の測定データの 3~3.5GHz の範囲だけ拡大したグラフが図 5 になるが、このグラフからわかるように、受信強度が急激に低くなっている周波数帯が F1 から順番に現れている。他の SVSWR が高い周波数帯域でも同様に F1 から順番に現れる傾向が見られ、垂直偏波での測定結果では見られないことから床面からの反射波による影響であり電波吸収体を置くことによって改善できると考えられる。

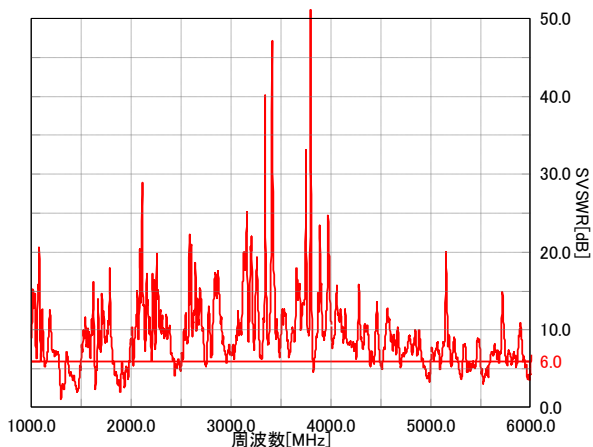


図4 5面暗室での測定結果 (F地点, 水平)

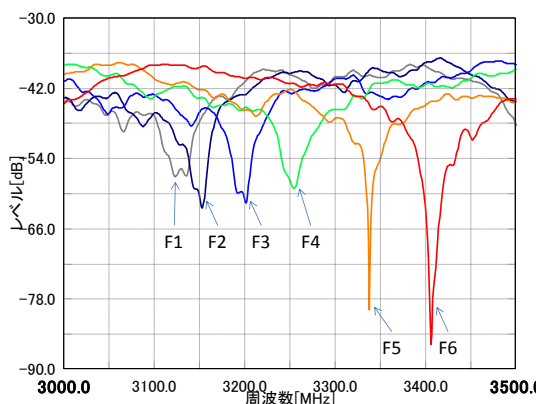


図5 3~3.5GHzの受信強度測定結果

次に当センターで保有していたウレタン電波吸収体 AEP-8 を 16 個とフェライト吸収体を床面に設置した 6 面暗室の状態での F 地点での水平偏波での測定を行った

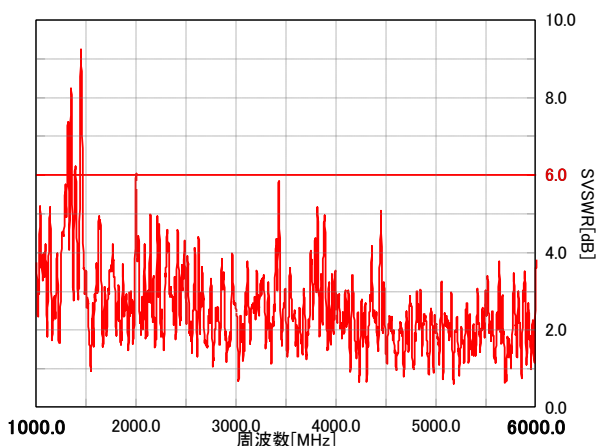


図6 AEP-8 設置時 (地点 F, 水平)

この状態は、これまでに GHz 帯域の放射 EMI 測定を実施した時の配置である。図 4 の状態と比較して床面に電波吸収体が追加された分 2GHz 以上の帯域での特性が大きく改善され 6dB 以内に収まっている。

3-2 電波吸収体の追加による検証

床面のウレタン吸収体 AEP-8 を今年度導入したポリプロピレン吸収体 PFP-30 に交換して測定を行った。図 7 の実線が地点 F での水平偏波の測定結果で、点線が垂直偏波の測定結果になるが、水平偏波では全ての帯域にわたって 6dB 以下となった。しかし垂直偏波の測定を行ったところ 1GHz 近辺や 1 GHz 後半にかけては依然として 6dB 以上を示している。

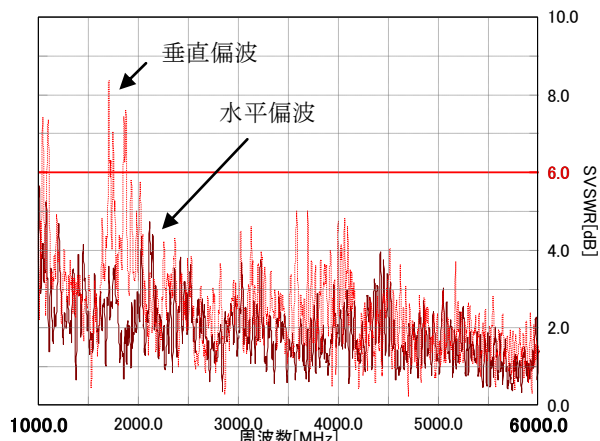


図7 PFP-30 設置時 (地点 F, 水平・垂直)

AEP-8 と PFP-30 はともにピラミッド型の電波吸収体であり、1 GHz における電波吸収特性は同じ 30dB である。しかし、送信アンテナからの電波は床面の電波吸収体に対して垂直入射では無く斜入射となるため、高さが 10 cm 高い PFP-30 の方が表面積が大きい分、反射波をより減衰していると考えられる。また、PFP-30 は自立して積み重ねられるようになっているので、テストボリューム両脇の既設吸収体が設置されていない場所へ設置した。併せて、既設の電波吸収体 AEP-4 は GHz 帯域対応の電波吸収体ではあるが、1~2GHz 近辺の特性が良くないので、反射波の経路となりやすいテストボリューム背面、電波暗室の両側面にも追加設置した。(図 8)

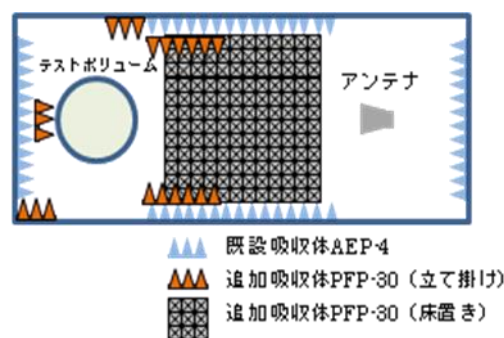


図8 対策後電波暗室配置図

図 8 のレイアウトにて図 7 で見られる 1~2GHz 近辺

の特性改善を試みた。図9が図8のレイアウトでの地点F, L, RにおけるSVSWR測定結果である。数ヶ所5dBを超えている地点を除いて残りは4dBを下回る結果となり、目標とする6dB以下となった。

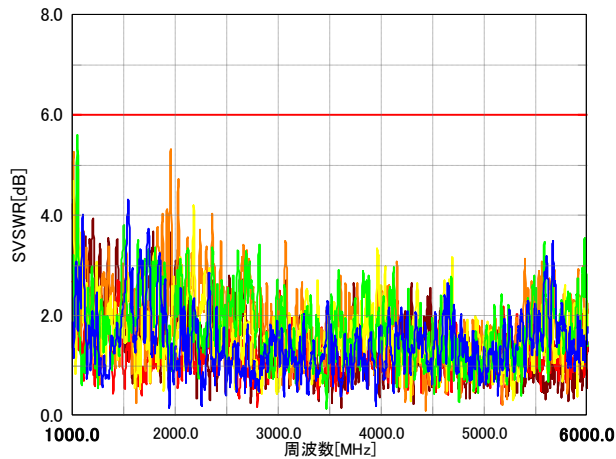


図9 対策後 SVSWR 結果

3-3 利便性向上の検討

図8のレイアウトは、床面がフェライト吸収体56枚の上にポリプロピレン吸収体を縦4個×横4個の計16個設置し、壁面に立てかける電波吸収体も合計16個と設置する数も多くセッティングにかなりの時間がかかってしまう。また、テストボリュームと受信アンテナ間の壁面に立てかけてある電波吸収体は、床置き電波吸収体の上に置いてあり、横方向の自由空間の幅が150cm程度と従来の半分程度の大きさになってしまっている。規格上は横幅についての制限は無く、計算の結果、送受信のアンテナ間のフレネルゾーンも確保されていることも確認したがアンテナ側とテストボリューム側の通行もできないことから、SVSWR6dB以下を保ちつつ、電波吸収体の数を削減して、自由空間を大きくとり、アンテナ側とテストボリューム側との通行も可能な利便性の高い配置の検討を行った。

まずセッティング時間の短縮を考え、床面はフェライトの電波吸収体を設置せず、PFP-30のみとした。作業性の向上を図るためテストボリューム側と受信アンテナ側との通行が行えるようにすべく、床面の電波吸収体を1列減らした3列とし、壁面に立て掛ける電波吸収体は床面から自立させ床置きの吸収体間にスペースを設け、アンテナ側との通行が可能とした。送信アンテナに使用したバイコンカルアンテナは指向性が広く背面からの反射波による影響が大きいこと、受信アンテナのホーンアンテナは背面の指向性が小さいことから送信アンテナの背面からの反射波の影響を少なくするために全体的な配

置を50cm受信アンテナの壁面に近づけるとともに背面の中央と角に電波吸収体を置く配置とした。(図10)

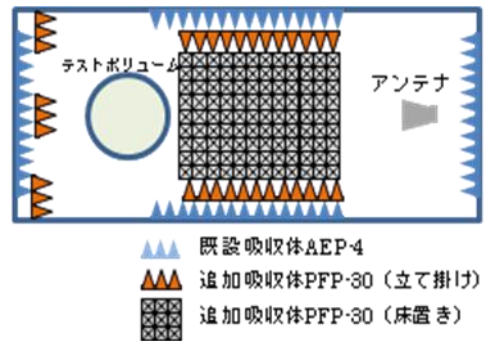


図10 最適化後配置図

この配置にてSVSWR測定を行った結果、図11に示すように図9の結果と同等以上の特性を保つことができた。

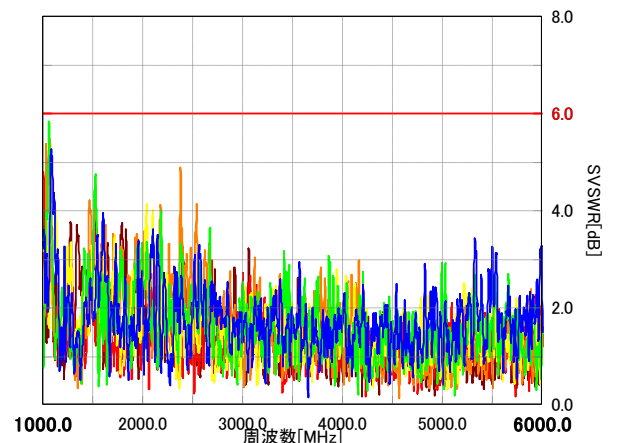


図11 最適化後 SVSWR 結果

4. 結言

本研究では、当センターの簡易電波暗室のGHz超の特性を改善させる方法として、電波吸収体PFP-30の適切な配置による特性改善を試みた。

その結果、今までは特性を満たすことができなかった1~2GHzの帯域についてもSVSWRが6dB以下とすることが可能となった。また利用者が簡便にセッティングができるようなレイアウトの検討を行った結果、フェライトの電波吸収体を使用することなくPFP-30のみで特性を満たすような電波吸収体配置を見いだした。

参考文献

- 1) CISPR22 情報技術機器 - 無線妨害特性 - 限度値及び測定方法, 日本規格協会, Amd1 Ed5.0 (2005)
- 2) VCCI 規程集, VCCI 協会, (2013)