マルチメディア機器の電磁妨害波に関する調査研究

- 平成17年度活動報告書 -

平成18年3月

社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会



目 次

委員名簿

はじめに	
1. 目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2. 測定項目と測定条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
3. 試験設備、測定機器、および供試機器 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
4. 測定概要	
4.1 電源ケーブルへのフェライトクランプ有無に関する測定概要 ・・・・・・	3
4.2. 30MHz~1GHz に関する測定概要 ·····	3
4.3 1GHz ~18GHz に関する測定概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
5. 測定結果	
5.1 電源ケーブルへのフェライトクランプ有無の実験結果 ・・・・・・・・・	4
5.2 30MHz~1GHz の実験結果 ·····	5
5.3 1GHz ~18GHz の実験結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
5.4 反射箱測定の確認 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
6. 結論 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12

付 録

付録	А	電源ケーブルへのフェライトクランプ有無に関する測定詳細・・・・・	15
付録	В	30MHz~1GHz に関する測定詳細 ·····	23
付録	С	1GHz ~ 18GHz に関する測定詳細 ······	29
付録	D	GHz 測定帯における設備間データ差異の要因 ・・・・・・・・・・	43
付録	E	反射箱と電波暗室のエミッション測定の相関 ・・・・・・・・・・・	55
付録	F	GHz 帯における EMC 測定の問題点セミナー資料 ・・・・・・・	59
付録	G	主な関連規格 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	67

マルチメディア機器の電磁妨害波に関する調査研究委員会委員名簿 (敬称略、平成17年3月現在)

- 委員長 田路 明 カシオ計算機(株)
- 副委員長 水野 重徳 (株)リコー
- 委 員 青野 亨 東芝テック(株)
 - 〃 木島 敏雄 オリンパス(株)
 - " 杉山 治彦 キヤノン(株)
 - " 鈴木 健 富士写真フイルム(株)
 - " 平田 真幸 富士ゼロックス(株)
- オブザーバー 林 清輝 (社)ビジネス機械・情報システム産業協会
- 事務局 漆田 茂雄 (社)ビジネス機械・情報システム産業協会

はじめに

多くの電子機器は情報技術機器(ITE)と映像機器(AV)との融合が始まっており、それに伴い、これまで 別々であった電磁妨害波に関する規格も統一する必要が生じてきた。この規格は、マルチメディア規格 と総称し、作成審議はCISPR(国際無線障害特別委員会)で行われている。

マルチメディア規格の測定方法と限度値の設定は、製造事業者にとって製品の設計に大きな影響を与 える。現在複数の測定法が提案されており、測定法に対する技術的特性を把握し、規格作成審議に効果 的な提言を行うために(社)ビジネス機械・情報システム産業協会内に委員会組織を立ち上げ検討する ことにした。

そこで、個別会員企業各社が当協会を通じて協業し、技術開発を含めた共同研究および共同実験検証 を行い、参加加盟各社に技術的な情報を寄与することを目的に「日本自転車振興協会補助金事業」とし て、平成 17 年度の年度計画として「マルチメディア機器の電磁妨害波に関する調査研究補助事業」を 行った。

1.目的

(社)ビジネス機械・情報システム産業協会が担当する複写機・複合機・ページプリンタ・データプ ロジェククター等の電磁妨害波の測定法について、CISPR(国際無線障害特別委員会)から新たに提案 されている測定法の中で、どの測定法が適切か検討する。それと同時に測定設備や測定方法に対する留 意すべき事項も検討し、妨害波測定するときに注意すべき事項を報告する。

更に、この結果を国際標準化審議に反映させると同時に、マルチメディア機器の適切な電磁妨害波測定 法を提言する。

2.測定項目と測定条件

マルチメディア機器のエミッション規格(CISPR32)において、全無響電波暗室(FAR: Fully Anechoic Room)を使用した独立試験法が提案されている。

FAR はまだ一般的に使用できる環境が十分に整っておらず、半無響電波暗室(SAR: Semi Anechoic Room)との相関性に関しては十分な比較検討がなされていない。

さらに、現在の FAR 環境は、その設備に関する評価方法があまり明確になっていないことから、一部の設備間では試験結果に差異が生じるという問題が発生している。

そこで、FAR を使用した試験法が SAR を使用した代替試験法として妥当な試験方法なのか、特に、異なる FAR を利用したとき、あるいは、SAR を簡易的に FAR 化した簡易全無響電波暗室ではどの様な 試験結果の差を表すのかを比較検討する実験を行った。尚、この報告書では、この簡易全無響電波暗室 を、Semi Fully Anechoic Room "SFAR"と記述する。

測定比較および検証事項は以下の通りである。

2.1 電源ケーブルへのフェライトクランプ挿入による測定結果への影響

FARの測定では EUT 用の電源ケーブルからの放射エミッションの影響を除くために電源ケーブ ルにクランプを付けて放射エミッションを測定するよう要求している。そこで、電源ケーブルの クランプの影響を検討するためにクランプをつけた場合とクランプ無しの場合の比較検討を行 った。 2.2 30MHz~1GHz における試験条件差異

これまで 1GHz 以下の EMI 測定では、一般に SAR が利用されてきたが、今回のマルチメディア 規格案では、FAR の利用が認められている。そこで、今回、これまで利用されてきた SAR を簡 易 FAR 化した SFAR と FAR 間および 2 つの異なる FAR 間において、どれほどの測定差異が生 じるのか(相関があるか)を検証するため、実際の EUT を使った測定結果の比較検討を行った。

2.3 1GHz~18GHz における試験条件差異

現在の CISPR 規格 (CISPR-22 第 5 版)で要求されている 1GHz 以上の EMI 測定では、SAR の床面に電波吸収体の敷設することが要求されている。そこで、ここでは、SAR を簡易 FAR 化 した SFAR と FAR 間および 2 つの異なる FAR 間において、どれほどの測定差異が生じるのか(相 関があるか)を検証した。

なお、1GHz~18GHz の試験については、1GHz 以上の周波数帯域を広範囲にかつ、安定した信 号を発生させることができる EUT が見つからなかったため、特殊な発信器を使った測定結果の比 較検討を行った。

- 3. 試験設備、測定機器、および供試機器 試験設備、測定機器、および供試機器は、以下の通りである。
 - 3.1 試験所 A
 - (1) 試験設備:5m法 FAR
 - (2) スペクトラムアナライザおよび電界強度計:9kHz~22GHz
 - (3) バイログアンテナ: 30MHz~1GHz
 - (4) ダブルリッジガイドアンテナ:1GHz~18GHz
 - (5) プリアンプ:9kHz~1.3GHz、1GHz~23.5GHz
 - (6) 同軸ケーブル:設備保有同軸ケーブル

3.2 試験所 B

- (1) 試験設備:5m法 FAR
- (2) スペクトラムアナライザおよび電界強度計:9kHz~26.5GHz
- (3) バイログアンテナ: 30MHz~1GHz
- (4) ダブルリッジガイドアンテナ:1GHz~18GHz
- (5) スタンダードゲインホーンアンテナ:8GHz~12GHz、12GHz~18GHz
- (6) プリアンプ: 9kHz~1.3GHz、1GHz~23.5GHz、8GHz~12GHz、12GHz~18GHz
- (7) 同軸ケーブル:設備保有同軸ケーブル
- 3.3 試験所 C
 - (1) 試験設備: 3m 法 SFAR
 - (2) スペクトラムアナライザおよび電界強度計:9kHz~40 GHz
 - (3) バイログアンテナ: 30MHz~1GHz

- (4) ダブルリッジガイドアンテナ:1GHz~18GHz
- (5) スタンダードゲインホーンアンテナ:8GHz~12GHz、12GHz~18GHz
- (6) プリアンプ: 9kHz~1.3GHz、1GHz~23.5GHz、8GHz~12GHz、12GHz~18GHz
- (7) 同軸ケーブル:設備保有同軸ケーブル
- 3.4 供試機器(EUT)
 - (1) 30MHz~1GHzのEUT:床置型複写機(床置型PPC)
 - (2) 1GHz~18GHzのEUT: ディスコーンアンテナ付標準発信器(コムジェネレータ)

4.測定概要

- 4.1 電源ケーブルへのフェライトクランプ有無に関する測定概要
 FAR での測定では CISPR16-2-3 で電源ケーブルへのフェライトクランプの挿入が要求されている。一方、CISPR 22 第 3 版では 30~1000MHz 帯域の OATS/SAR におけるクランプ挿入が要求されていたが、挿入による測定結果の差異の発生と実際の使用状態を模擬してないことから後に削除された。(OATS: Open Area Test Site オープンサイト)
 そこで本測定においても、クランプ挿入の影響を検討するため、クランプを挿入した場合と無しの場合について比較測定を行うこととした。
- 4.2 30MHz~1GHz に関する測定概要

30MHz~1GHz における本測定では、当協会の扱う製品群の代表として床置型の複写機を用いた 測定とした。一般的な FAR は床置型で重量のある製品測定が困難であることから、SAR の床面 に電波吸収体を敷設した SFAR の測定も実施した。

なお、測定帯域とアンテナの特性を考慮して、通常の SAR における EMI 試験と同様に、電界強度の最大値を探索するために受信アンテナ高を変化させて、準尖頭値測定を実施した。

また、SFAR における測定距離は 3m を用い、FAR では CISPR 16 ドラフト文書を考慮して 5m の測定を行った。

4.3 1GHz~18GHz に関する測定概要

1GHz~18GHz における本測定では、適切な EUT が見つからなかったため、3.4 項に示したコム ジェネを使用した。

ただし、床置型 EUT を模擬することを目的に、コムジェネの設置位置を床上 10cm と 80cm の 2 種類の配置とした。

測定環境は、4.2 項の 1GHz 以下の測定と同様に、CISPR 22 第 5 版で要求されている SAR の床 面に電波吸収体を敷設した SFAR の測定も実施し、FAR 測定結果との比較を行った。

なお、今回測定に使用したコムジェネは、CISPR 16 および 22 で規定されているアンテナビーム 幅を満足することから、受信アンテナの高さ探索は行わなかった。

また、SFAR における測定距離は 3m を用い、FAR では CISPR 16 ドラフト文書を考慮して 3m および 5m の 2 種類の測定を行った。

5.測定結果

5.1 電源ケーブルへのフェライトクランプ有無の実験結果 電源ケーブルへのフェライトクランプ有無における試験結果を以下に示す。更なる詳細について は、付録Aを参照のこと。

5.1.1 試験配置概要

試験場所として FAR(試験所 B)および SFAR(試験所 C) EUT として床置型 PPC およびコム ジェネを使用し、下表に示す条件にて測定実験を行った。

条件	試験場所	アンテナ距離	アンテナ高	EUT	EUT 高		
(1)	SFAR(試験所C)	3.0m	1.1m	床置型 PPC	0.1m		
(2)	FAR(試験所 B)	5.0m	1.1m	床置型 PPC	0.1m		
(3)	FAR(試験所 B)	5.0m	1.1m	コムジェネ	0.1m		
(4)	FAR(試験所 B)	5.0m	1.1m	コムジェネ	0.8m		

表 5-1 フェライトクランプ有無による試験比較条件

電源ケーブルにフェライトクランプを挿入した場合と無しの場合の影響を確認するため、電源ケ ーブルの設備アウトレットに近い位置にフェライトクランプを挿入して測定を行った。 フェライトクランプの測定配置写真の代表例として、上記(2)の条件写真を図 5-1 に示す。





図 5-1 フェライトクランプ挿入、未挿入の例

5.1.2 試験データ比較

SFAR および FAR における床置型 PPC にフェライトクランプを挿入した場合と、フェライト クランプ未挿入の比較結果および、FAR におけるコムジェネにフェライトクランプを挿入し た場合と、フェライトクランプ未挿入の比較結果では、いずれの場合も EUT の電源ケーブル へのフェライトクランプ挿入による差異は FAR の 70MHz 以下を除き、ほぼ 1 dB 以内で影響 はほとんど無いことがわかった。

よって、5.2 項および 5.3 項の試験所間測定比較では、フェライトクランプは全て未挿入の状態で実験を行うこととした。

代表的な試験結果を図 5-2 および図 5-3 に示す。



図 5-2 SFAR における 1GHz 以下のフェライトクランプ有無比較



図 5-3 FAR における 1GHz 以上のフェライトクランプ有無比較

5.2 30MHz~1GHzの実験結果

30MHz~1GHz における EUT を用いた試験結果を以下に示す。更なる詳細については、付録 B を参照のこと。

5.2.1 試験配置概要

30MHz~1GHz における測定では、前述の様に床置型 PPC を利用した測定を行った。代表的 な試験配置図を図 5-4 および図 5-5 に示す。



図 5-4 FAR における測定配置例(測定距離 5m の例)



図 5-5 SFAR における測定配置例(測定距離 3m の例)

5.2.2 試験項目

以下の様な内容に関して試験を実施した。

- (1) 試験所Aにおいて、5m距離時における帯域周波数をQP値測定
- (2) 試験所 B 及び試験所 C における、FAR(5m 距離)と SFAR(3m 距離)の QP 値を測定し、3m
 の距離で測定した値は、距離換算により 4.4dB 減算した上で比較した
- (3) 試験所 B における再現性確認のため、同じ EUT(PPC)機器で同じ周波数を一夜置いて QP 値を測定した
- 5.2.3 試験結果

試験結果は以下の通りである。なお、EUT の再現性確認の結果は殆どノイズレベルに変化が無かった。

(1) FAR および SFAR の測定値を相対的に比較すると、周波数 130MHz 以下では約5~12dB 程度 の変化が発生しているのに対して、130MHz 以上の周波数帯域では1~6dB という比較的小さ な変化が生じている。また、全体的に水平、垂直偏波双方ともに変化の仕方に規則性はなかっ た。図 5-6 参照



図 5-6 EUT を用いた QP データ比較 (FAR と SFAR)

(2) 試験所 A(FAR)と試験所 B(FAR)間の測定結果は、同じ FAR 間であるにも関わらず 3~15dB 程度の差異が発生していた。図 5-7 参照



図 5-7 EUT を用いた QP データ比較 (FAR 同士)

5.3 1GHz~18GHzの実験結果

1GHz~18GHzにおける試験結果を以下に示す。更なる詳細については、付録Cを参照のこと。

5.3.1 試験配置概要

1GHz~18GHzにおける測定では、前述の様にコムジェネレータを利用した測定を行った。代表的な試験配置図を図 5-8 および図 5-9 に示す。



測定距離は、4.3 項に示す通り 3m および 5m の 2 通りとし、EUT は仮想床面(各 FAR で規 定されている仮想の床面)10cm と 80cm とした。距離 2 通りで測定したのは、試験所 A と試 験所 B の FAR の比較には距離 5m を使い、試験所 B と試験所 C の FAR と SFAR の比較には 3m を使った。

試験場所	アンテナ距離	アンテナ高	EUT	EUT高	備考
FAR (試験所A)	5.0m	1.0m	コムジェネ	0.1m	床置型機器を模擬
FAR (試験所A)	5.0m	1.1m	コムジェネ	0.8m	卓上型機器を模擬
FAR (試験所 B)	5.0m	1.0m	コムジェネ	0.1m	床置型機器を模擬
FAR(試験所 B)	5.0m	1.1m	コムジェネ	0.8m	卓上型機器を模擬
FAR (試験所 B)	3.0m	1.0m	コムジェネ	0.1m	床置型機器を模擬
FAR (試験所 B)	3.0m	1.1m	コムジェネ	0.8m	卓上型機器を模擬
SFAR(試験所C)	3.0m	1.0m	コムジェネ	0.1m	床置型機器を模擬
SFAR(試験所C)	3.0m	1.1m	コムジェネ	0.8m	卓上型機器を模擬

5.3.2 試験データ比較

FAR(試験所 A)と FAR(試験所 B)の比較データ結果から試験所 A では、一部のデータが観測で きていない部分が見られた。これは、試験所 A における測定システムのダイナミックレンジ が確保できないために発生している問題であり、この領域では正確な計測ができなかった。 最も顕著な例を図 5-10 に示す。



図 5-10 ダイナミックレンジの差による試験所間データ差異の例 なお、測定機器の特性など詳細に検討した結果は付録 D5 に記したので参照して欲しい。

(1) FAR(試験所 B) と SFAR(試験所 C)との測定比較結果

卓上の場合は、1GHz-12.4GHz の帯域では SFAR に比べて FAR の測定データの方が低 くなっていた。12.4GHz-18GHz の帯域で床置きの場合は SFAR と FAR のデータに差 はほとんど無いが、一部垂直偏波で FAR の方が高くなっているところが見られた。 SFAR と FAR の測定結果の最大差はおよそ 10dBuV/m になっていた。 代表的な図を図 5-11 および図 5-12 に示す。



図 5-11 卓上模擬時の SFAR と FAR の測定比較例 1



図 5-12 卓上模擬時の SFAR と FAR の測定比較例 2

床置きの場合は、1GHz-8.2GHz の帯域では水平偏波、垂直偏波ともに FAR の測定デ ータの方が低くなっていた。12.4GHz-18GHz の帯域で床置きの場合は SFAR と FAR のデータに差はほとんど無いが、一部水平偏波、垂直偏波ともに FAR の方が高くなっ ているところが見られた。12.4GHz-18GHz の帯域では水平偏波は FAR の測定データの 方が高くなり、垂直偏波は逆に SFAR の測定データの方が高くなっていた。 代表的な図を図 5-13 および図 5-14 に示す。



図 5-13 床上模擬時の SFAR と FAR の測定比較例 1



図 5-14 床上模擬時の SFAR と FAR の測定比較例 2

(2) FAR 同士(試験所 A および B)の測定比較結果

1GHz-8.2GHzの帯域ではEUTを卓上に設置した場合も床置きの場合も水平偏波、垂直 偏波ともに差は無いといえる。

8.2GHz-12.4GHz の帯域では EUT を卓上に設置した場合も床置きの場合も水平偏波、 垂直偏波ともに試験所 A ではダイナミックレンジが確保できていないためにデータの 比較が出来なかった。

代表的な図を図 5-15 および図 5-16 に示す。



図 5-15 床上模擬時の FAR 同士の測定比較例(類似データの例)



図 5-16 床上模擬時の FAR 同士の測定比較例(ダイナミックレンジ問題の例)

5.4 反射箱による測定結果

1GHz 以上の放射エミッション測定において、反射箱による測定が IEC61000-4-21 で標準化されている。この測定を(独)情報通信研究機構(NICT)に委託し、その結果と FAR での本調査研究結果を比較した。付録 E にその内容を示す。

6.結論

今回の実験結果より、以下の様なことがわかった。

- フェライトクランプ挿入によるデータへの影響
 フェライトクランプ挿入の有無によるデータの大きな差異は認められなかった。
- (2) 30MHz から 1GHz の SFAR と FAR 測定結果差異 SFAR および FAR サイト間の EUT 測定結果では、1~15dB 程度の測定差異が有り、更に、今回 の結果からは相関を示すデータは得られなかった。
- (3) 30MHzから1GHzのFAR同士の測定結果差異 今回のFAR同士の測定結果では、30MHz~1GHzの帯域で3~8dB程度の測定値差異が見受けられた。この差異は、特に600MHz以下における吸収体の特性や配置構造が異なることによって生じていることが考えられる。ちなみに、試験所Bは恒久的なFARであるが、試験所Aは床全面に可動式の電波吸収体を隙間無く置く形態のFARであった。
- (4) 1GHzから 18GHzの疑似 EUT 測定による試験環境差異 SFAR と FAR の比較に関しては、(3)今回の測定結果だけでは、同じ計測機器を使用した場合で も FAR と SFAR の相関性に関する十分な裏づけは取れなかった。 また、FAR 同士の比較結果では、ダイナミックレンジの問題で絶対値の検証が出来ていないが、 ダイナミックレンジが確保され、適切な測定が実施出来ている周波数帯域では、概ね同様の試験 結果が得られたことから、FAR 同士では設備間の大きな差異は生じないものと推測される。
- (5) 反射箱測定の確認

今回は参考のため行なった。更に EUT による検討が必要である。

付 録

A 電源ケーブルへのフェライトクランプ有無に関する測定詳細

- B 30MHz~1GHz に関する測定評価
- C1GHz~18GHzに関する測定詳細
- D GHz 帯測定における設備間データ差異の要因
- E 反射箱と電波暗室のエミッション測定の相関
- FGHz帯域における EMC 測定の問題点セミナー資料
- G 主な関連規格

A1 目的

FAR での測定では CISPR16-2-3 で電源ケーブルへのフェライトクランプの挿入が要求されている。一方、CISPR 22 第 3 版では 30~1000MHz 帯域の OATS/SAR における電源ケーブルへのフェライトクランプ挿入が要求されていたが、挿入による測定結果の差異の発生と実際の使用状態を模擬してないことから後に削除された。

そこで本測定においても、フェライトクランプを挿入した場合と無しの場合について比較測定を 行ない、電源ケーブルへのフェライトクランプ挿入の影響を確認する。

A2 測定条件

試験場所として FAR (試験所 B) および SFAR (試験所 C) EUT として床置型 PPC およびコム ジェネを使用し、下表に示す条件にて測定実験を行った。EUT としてコムジェネを使用した場合 は、床置型機器および卓上型機器を模擬するため、0.1mと0.8mの2種類の高さで測定を実施した。

条件	試験場所	アンテナ距離	アンテナ高	EUT	EUT 高
(1)	SFAR (試験所 C)	3.0m	1.1m	床置型 PPC	0.1m
(2)	FAR (試験所B)	5.0m	1.1m	床置型 PPC	0.1m
(3)	FAR (試験所B)	5.0m	1.1m	コムジェネ	0.1m
(4)	FAR (試験所B)	5.0m	1.1m	コムジェネ	0.8m

電源ケーブルにフェライトクランプを挿入した場合と無しの場合の影響を確認するため、図 A1 と 図 A2(条件(2)) 図 A3 と図 A4(条件(4))に示すように電源ケーブルの設備アウトレットに近い 位置にクランプ(赤矢印)を挿入して測定を行った。条件(1)および(3)についても同様に行った。



図 A1



🗷 A3

測定の際の配置を図 A5~A8 に示す。



図 A2



図 A4



図 A5:条件(1) SFAR における床置型 PPC 測定配置



図 A6:条件(2) FAR における床置型 PPC 測定配置



図 A7:条件(3) FAR におけるコムジェネ 0.1m 高の測定配置



図 A8:条件(4) FAR におけるコムジェネ 0.8m 高の測定配置

A3 測定結果

(1) SFAR における床置型 PPC 測定

フェライトクランプの有無について比較した結果を次に示す。



図 A9

上記の結果から、SFAR における床置型 PPC の測定では、水平偏波・垂直偏波ともにフェライト クランプの有無による違いはないと判断できる。

(2) FAR における床置型 PPC 測定

フェライトクランプの有無について比較した結果を次に示す。



図 A10

上記の結果から、FAR における床置型 PPC の測定では、水平偏波・垂直偏波ともに 70MHz 以下 を除きフェライトクランプの有無による違いは無いと判断できる。

(3) FAR におけるコムジェネ 0.1m高の測定

FAR における、床置き機器を模擬してフェライトクランプの有無を測定した水平偏波の比較を次に示す。



🗷 A11







🗷 A13







义	А	15
---	---	----



図 A16

以上の結果から、床置き機器を模擬した場合には、水平偏波、垂直偏波ともにフェライトクランプの有無の違いは無いと判断できる。

(4) FAR におけるコムジェネ 0.8m高の測定

FAR における、卓上機器を模擬してフェライトクランプの有無を測定した水平偏波の比較を次に示す。



図 A17



図 A18



🗷 A19



図 A20



义	A2	1
---	----	---



🗷 A22

以上の結果から、卓上機器を模擬した場合も水平偏波、垂直偏波ともにフェライトクランプの有無 の違いは無いと判断できる。

A4 考察

今回の測定実験の結果より、EUT の電源ケーブルへのフェライトクランプ挿入の差異は FAR の 70MHz 以下を除き、ほぼ 1dB 以内でほとんど無いことが分かった。試験費用および工数の削減のた め、電源ケーブルへのフェライトクランプ挿入の要求は不要と考える。

B1 目的

FAR と SFAR に於ける、床置型 PPC(EUT)測定時の問題点や改善事項を調査し、現在 CISPR 提案された新規測定法の注意する項目と効果的な測定法を確認する。

B2 測定条件

FAR と SFAR に於いて、床置型 PPC(EUT)の測定を実施する。

(1) 試験所 A、試験所 B、試験所 C、の測定配置を図 B1 ~ 図 B3 に示す。







図 B2 試験所 B(FAR)の EUT 測定配置





前記測定配置の写真は以下の通りである。



図 B4 試験所 A (FAR 5m 距離)



図 B5 試験所 B(FAR 5m 距離)



図 B6 試験所 C(SFAR 3m 距離)



図 B7 試験所 C(SFAR 3m 距離)

(2) 測定項目

試験所 A において、5m 距離時における帯域周波数を QP 値測定した。 試験所 B 及び試験所 C における、FAR(5m 距離)と SFAR(3m 距離)の QP 値を測定した。 3m の距離で測定した値は、距離換算により 4.4dB 減算した上で比較した。 試験所 B における再現性確認のため、同じ EUT(PPC)で同じ周波数を一夜置いて QP 値 を測定した。 B3 測定結果;

- (1) FAR/SFAR 測定値を相対比較すると、130MHz 以下で約 5~12dB 変化に対して、400MHz 以 上の帯域では 1~6dB の変化であった。(図 B8)
- (2) 試験所 A と試験所 B 間の測定結果は、約 3~15dB の差異があった。(図 B9)
- (3) EUT に於ける、再現性確認は殆ど変化が無く、最大差異は 3.5dB(540MHz)であった。(図 B10)



図 B8 試験所 B と試験所 C 相関(FAR/SFAR 5m 距離)

Without Clamp at FAR 5m			QP(dBuV)		
Freq(MHz)	試験所B(H	試験所A(ŀ	試験所B(\	/試験所A(\	/er)
36.75	17.1	9.1	19.6	15.7	
75.32	11.1	15.6	22.6	12.4	
133.1	13.3	10.8	21.9	21.9	
394.1	15.7	21.8	13.6	22	
540.7	30	25.7	20.6	26.4	
737.2	32.9	23.5	32.7	17.5	



図 B9 試験所 A と試験所 B 相関(FAR 5m 距離)

With Clarr	np at 5m FA	AR Site	QP(dBuV)				
Freq(MHz)	1st (Hor)	2nd (Hor)	1st (Ver)	2nd (Ver)			
36.75	13.4	13.4	14.9	14.9			
75.32	16.3	16.3	27.1	27.7			
133.1	15.5	15.5	22.7	22.7			
394.1	14	14	14.5	14.5			
540.7	28.9	32.4	22.2	22.2			
737.2	34.5	34.5	32.6	29.7			



図 B10 試験所 B EUT 放射レベル再現性(FAR 5m 距離)

B4 考察

- (1) FAR、SFAR 各サイト間の EUT 測定結果から、約1~12dB 程度の差異があり、相関を示す データは得られなかった。 400MHz 帯域以上の水平成分は 2dB 程度の差異であったが、垂 直成分に関しては最大 8dB の差異となった。この原因は各サイトの構造仕様特性の差異、吸 収体設置構造の差異、測定系の影響などが考えられるため、FAR、SFAR および測定系の仕 様についての検討が必要と思われる。
- (2) PPC(EUT)機器の放射レベルの安定性については、一晩置いた再測定で、最悪でも 3.5dB 以下で、平均的には 0.5dB 以下と EUT サンプルとしては安定していた。 この結果からノイズ源の変動はあまり考慮する必要は無いと判断した。
- (3) 今回 1GHz 以上の帯域を測定出来る適切な製品が見つからなかったため、実機での 1GHz 以 上の比較実験はできなかった。

C1 目的

現在の CISPR 規格 (CISPR-22 第5版)で要求されている 1GHz 以上の EMI 測定では、SAR の床面に電波吸収体の敷設することが要求されている。そこで、ここでは、SAR を簡易 FAR 化 した SFAR と FAR 間および 2 つの異なる FAR 間において、どれほどの測定差異が生じるのか (相関があるか)を検証する。

C2 測定条件

上記目的を達成するために、FAR および SFAR を使って下記の測定実験を行なう。 なお、放射エミッションの再現性を確保するために EUT として発信周波数が 1GHz-18GHz の帯 域をカバーするコムジェネレータを使用する。

 (1) FAR と SFAR を使って EUT とアンテナの距離を 3m に設定して、1GHz-18GHz の帯域で同 一条件の放射エミッション測定を行った。
 床置機器を模擬した配置で、FAR(試験所 B)場合は図 C1 に、SFAR(試験所 C)の場合は 図 C2 に示す。



卓上機器を模擬した配置で、FAR(試験所 B)場合は図 C3 に、SFAR(試験所 C)の場合は 図 C4 に示す。



測定の際には、周波数帯域を3分割(1-8.2GHz、8.2-12.4GHz、12.4-18GHz)し、3種類の スタンダードゲインアンテナを使用して測定した。コムジェネレータは100MHz間隔でピー クが発生しているものを使用した。 床置機器を模擬した配置で、SFAR(試験所 C)の写真を図 C5 に、FAR(試験所 B)の写真を図 C6 に示す。



図 C5

図 C6

(2) 2箇所の FAR を使って EUT とアンテナの距離を 5m に設定して、1GHz-18GHz の帯域で同 一条件の放射エミッション測定を行った。この測定では、クランプの影響は無いことが付録 A の実験で分かったので、電源ケーブルには特別の処理はしていない。床置機器を模擬した配置 で、FAR(試験所 B)の配置は図 C7 に、FAR(試験所 A)の場合は図 C8 に示す。



卓上機器を模擬した場合の配置で、FAR(試験所 B)の配置は図 C9、FAR(試験所 A)の場合は 図 C10 に示す。



図 C10 FAR(試験所 A)の配置

床置機器を模擬した配置で、FAR(試験所 A)の写真を図 C11 に、FAR(試験所 B)の写真を図 C12 に示す。



🗷 C11

図 C12
C3 実験結果

(1)-1 FAR(試験所 B)と SFAR(試験所 C)の比較 卓上機器を模擬した場合

水平偏波



🗷 C13







図 C15

垂直偏波





図 C16





図 C18

水平偏波





🗷 C19



l	*	C20
	×	



🗷 C21





図 C22



🗷 C23



図 C24

水平偏波



🗷 C25



図 C2	26
------	----





垂直偏波



図 C28



図 (C29
-----	-----





水平偏波



図 C31



🗷 C32



図 C33

垂直偏波



図 C34



図 C35



🗷 C36

C4 考察

(1) FAR と SFAR の比較

卓上の場合

- 1GHz-12.4GHz (図 C13、図 C14、図 C16、図 C17)の帯域では SFAR に比べて FAR の測定データの方が低くなっている。
- 水平偏波では 1GHz-8.2GHz 帯域では平均 3.1dBuV の差、8.2GHz 12.2GHz 帯域では 平均 1.9dBuV の差となっている。
- ・ 垂直偏波では 1GHz-8.2GHz 帯域では平均 3.9dBuV、8.2GHz 12.2GHz 帯域では平均 3.2dBuV の差となっている。
- 12.4GHz-18GHz (図 C15、図 C18)の帯域では SFAR と FAR のデータに差はほとんど 無いが、一部垂直偏波で FAR の方が高くなっているところが見られる。
- 水平偏波では平均 0.1dBuV の差、垂直偏波では平均 0.6dBuV の差となっており、 1GHz-12.4GHz の帯域に比べて 12.4GHz –1.8GHz の帯域の方が、差が小さくなってい る。

床置きの場合

- 1GHz-8.2GHz(図 C19、図 C22)の帯域では水平偏波、垂直偏波ともに FAR の測定デ ータの方が低くなっている。
- 12.4GHz-18GHz(図 C20、図 C23)の帯域で床置きの場合は SFAR と FAR のデータに 差はほとんど無いが、一部水平偏波、垂直偏波ともに FAR の方が高くなっているところ が見られる。
- 水平偏波では 1GHz-8.2GHz 帯域では平均 2.1dBuV の差、8.2GHz 12.2GHz 帯域では 平均 2.6dBuV の差となっている。
- ・ 垂直偏波では 1GHz-8.2GHz 帯域では平均 2.3dBuV、8.2GHz 12.2GHz 帯域では平均 1.4dBuV の差となっている。
- 12.4GHz –1.8GHz(図 C21、図 C24)の帯域では水平偏波は FAR の測定データの方が 高くなり、垂直偏波は逆に SFAR の測定データの方が高くなっている。
- 水平偏波では平均 6.8dBuV の差、垂直偏波では平均 3.7dBuV の差となっており、 1GHz-12.4GHzの帯域に比べて 12.4GHz –1.8GHz の帯域の方が、差が大きくなってい る。

結果からわかること

試験所Bと試験所Cでは測定装置は同一の機器を使用しているが、今回の測定結果だけでは、 同じ計測機器を使用した場合でも FAR と SFAR の相関性に関する十分な裏づけは取れなか った。 (2) 2 箇所の FAR の比較

1GHz-8.2GHz (図C25、図C28)の帯域

EUT を卓上に設置した場合も床置きの場合も水平偏波、垂直偏波ともに差は無いといえる。 水平偏波では、床置きは平均 0.5dBuV の差、卓上は平均 0.8dBuV の差、垂直偏波では床置 きは平均 1.6dBuV の差、卓上は平均 0.6dBuV の差であった。

8.2GHz-12.4GHz (図C26、図C29)の帯域

EUT を卓上に設置した場合も床置きの場合も水平偏波、垂直偏波ともに試験所 A のデータ には 50dBuV 以下のデータが無い。そのため破線でマークした部分に差が出ている。これは ノイズフロアレベルの影響と考えられる。詳細は付録 D5 で詳述する。

12.4GHz-1.8GHz (図C27、図C30)の帯域

試験所 A のデータは水平偏波、垂直偏波ともに 60dBuV 以下のデータが無い。これもノイズ フロアレベルの影響と考えられる。詳細は付録 D5 で詳述する。 付録 D GHz 帯測定における設備間データ差異の要因

D1 背 景

今回、当委員会では半無響電波暗室と全無響暗室、あるいは、異なる全無響暗室間における試験デ ータ差を調査する目的で、各種の測定を実施した。しかし、この測定結果からは、目的とした電波 暗室環境そのもの以外の要因、例えば、測定システムの精度上の問題などによって発生していると 思われるデータが確認された。

これらの測定差異は、測定条件や使用したアンテナ、ケーブルなどの信号伝送損失および電力増幅 器(プリアンプ)の特性など、幾つかの要因が考えられた。

そこで、本付録では試験所間におけるデータ差異の要因を調査、報告するとともに、一般的な注意 事項等についての報告を行うものである。

D2 目 的

GHz 帯域における試験所間データ差異に起因すると考えられる、測定条件や測定システムについての検証を行う。また、GHz 帯域測定のための設備導入および測定上の注意事項を抽出する。

D3 調査事項

本付録における調査では、電波暗室環境差およびこれに起因すると思われるものを除いた、以下の 様な計測システムに関する調査、実験を行った。

なお、今回の測定試験所間のデータ差異要因を示す測定構成図を、図 D1 に示す。

- (1) 計測システムのダイナミックレンジ 測定システム、特に GHz 帯域に利用されるアンテナのファクターや信号伝送用の同軸ケーブル による信号損失(ケーブルロス)は、ノイズ測定可能な下限値に直接影響する。 そこで、今回の測定に利用した2試験所における測定下限値の実例を報告する。
- (2) スペクトラムアナライザの測定、設定条件 EMI 測定に利用されるスペクトラムアナライザは、その設定(測定)条件によって測定値がことな る可能性がある。本付録では、一般的な EMI 測定条件を基に、今回の GHz 帯域測定におけるデ ータ差異発生の要因を調査、報告する。
- (3) 測定可能な最低信号レベルの検証 GHz帯域における測定では、アンテナ係数(ファクター)が比較的大きいこと、ケーブルによる信 号の伝送損失ロスが大きいことなどから、測定システムのダイナミックレンジが問題となる場合 が多い。ここでは、今回利用した設備の試験システム構成と測定結果を例として、測定可能な最 低信号レベルの検証を行う。



図 D1: データ差異要因

D4 測定機器と測定条件

データ差異要因調査には、以下の様な機器と特定の調査条件を設定した。なお、測定に利用した機器等については、本文調査で利用された試験所のいずれかで利用されていたものと同一のもの、または、同型のものを利用した。

(1) 測定機器

スペクトラムアナライザ

周波数帯域 9kHz~26.5GHz のスペクトラムアナライザ

ダブルリッジガイドアンテナ

周波数帯域 1GHz ~ 18GHz のダブルリッジガイドアンテナ(試験所 A で利用。試験所 B で部分的に利用)

スタンダードゲインホーンアンテナ

周波数帯域 1GHz ~ 8GHz、8GHz ~ 12GHz、12GHz ~ 18GHz の 3 帯域のスタンダードゲイン ホーンアンテナ(試験所 B で利用)

プリアンプ

1GHz~23.5GHz の広帯域プリアンプ(試験所 A で利用)

1GHz~8GHz、8GHz~12GHz、12GHz~18GHzの帯域プリアンプ(試験所 B で利用され、このアンプは上記 3 のスタンダードゲインホーンアンテナに直接取り付けされているもの) 標準信号発生器

250kHz~40GHzの標準信号発生器で、CW(Continuous wave)を利用

(2) 測定条件

調査に利用したスペクトラムアナライザは、一般的な EMI 測定を考慮して以下の様な設定で測 定を行った。ただし、異なる設定における参考値も提示する。スペクトラムアナライザの設定等 における測定差異については、6.2 項に示す。 検波帯域幅

スペクトラムアナライザの検波帯域幅等(RBW/VBW)は、その設定によってノイズフロアや 測定結果が変わるが、今回の一連の測定では、GHz 帯域の最終測定で用いられる 1MHz 帯 域を中心に、データ測定を行った。また、あわせて、個別周波数解析時の自動設定モード 10kHz においても測定を行った。

リファレンスレベルと内部アッテネータ

スペクトラムアナライザのリファレンスレベルと内部アッテネータ値は、実際の暗室内での 測定時に利用された試験発信機のノイズレベルを基に設定されたリファレンス 100dBuV と 内部アッテネータ 10dB を利用して測定を行った。

D5 試験所間データ差異の検証とその要因

(1) 試験所間データ差異の検証

試験所Aおよび試験所Bの異なるFARにおける測定データ差異について検証する。

今回は、この 2 つの試験所における 1GHz ~ 18GHz の試験結果の内、特に 8GHz ~ 18GHz の測 定結果に着目した。

図 D2 のデータは、試験所 A および B の 8GHz~12GHz における測定比較グラフである。グラ フ中の 部分について着目すると、試験所 A と試験所 B ではノイズ放射のスペクトラム形状は 酷似しているものの、試験所 A では 50dBuV/m 以下の測定が実施できていない様に見える。

更に、図 D3 のデータでは、試験所 A のデータは 60dBuV/m 程度のレベルで飽和しているよう に見える状態となり、スペクトラム形状も全く異なっている。また、図 D3 中のグラフ 部分で は、データを観測できているようにも見えるが、そのデータ間には 5dB 以上の差異が生じている。 本付録では、これらの差異の要因について検討、報告する。



図 D2:8GHz~12GHzの試験所 A、B データ比較



図 D3:12GHz~18GHzの試験所 A、B データ比較

(2) データ差異の要因

試験所 A および試験所 B の試験構成(システム)を比較した結果、受信アンテナや測定器(スペク トラムアナライザ)までの信号伝送線路に大きな差異があり、この事によって、試験所 A では、 測定のダイナミックレンジが確保できていないことが懸念された。

特に、図 D4 に示されたシステム構成図からもわかるように、測定に使用されているアンテナの 差異とケーブルロスによるプリアンプの入力段の信号強度、プリンアンプ出力とスペクトラムア ナライザの入力段の信号強度についての調査、確認を行うこととした。



図 D4:試験所 A、Bの試験システム構成

D6 調查、測定結果

(1) 試験所毎のシステムファクター

図 D3 において、試験所 A は明らかに測定可能な信号レベルが高いことが伺われた。これらの差 異は、アンテナ係数(ファクター)を始めとする試験システムのファクターに起因する問題である ことが考えられるため、各試験所の協力を得て利用されているシステムのファクターを比較した。 また、各試験所のファクターと実際の測定結果例を比較、検証する。

6.1.1 試験所ファクターの確認

2 つの試験所(試験所 A、B)におけるアンテナ、同軸ケーブル等の信号損失およびプリアン プの信号増幅量(ゲイン)を確認した。ファクターの一例を図 D5 に示す。

表中のアンプ入力段までの損失とは、例えば、試験所 A の 18GHz を例に取った場合、アン プの前段において 1dBuV の信号が必要な場合、アンテナ受信端におけるデータは 52.5dB +1dB=53.5dB であることを意味している。

	周波数	アンテナ ファクター	ケーブルロス	アンプゲイン	アンプ入力段 までの損失
` ++	1GHz	- 27.6 dB	- 1.9 dB	36.0 dB	-29.5 dB
験	5GHz	- 35.8 dB	- 4.3 dB	38.3 dB	-40.1 dB
所	10GHz	- 39.4 dB	- 6.0 dB	36.4 dB	-45.4 dB
A	18GHz	- 43.8 dB	- 8.7 dB	33.8 dB	-52.5 dB
試験所	1GHz	- 25.6 dB	- 4.5 dB	44.3 dB	-30.1 dB
	5GHz	- 29.3 dB	- 6.0 dB	42.9 dB	-35.3 dB
	10GHz	4.3 dB *	*	*	4.3 dB
В	18GHz	- 4.1 dB *	- *	- *	-4.1 dB

* ケーブルロスおよびアンプゲインは、アンテナー体型のためにアンテナファクターに全て含まれている。 図 D5: 試験所毎のシステム信号伝送損失

6.1.2 ファクターを用いた測定結果の検証

図 D2 および図 D3 の結果から、図 D2 の 9.5GHz および図 D3 の 17.7GHz の 2 つのデータ を例に測定データとファクターの関係を確認する。

(1) 9.5GHz のデータ差とファクターの関係

試験所 A における測定結果は 50.2dBuV/m であり、試験所 B では 38.7dBuV/m であり、 その差は 11.5dB であった。勿論、この差異には試験環境である FAR の差異も含まれてい る。図 D6 にファクターを示す。なお、試験所 B はアンテナからアンプまでが一体型のた め、ファクターの類推値を記述する。

アンプの入力段において OdBuV 以上の信号が必要と仮定すると、このファクターから、 試験所 A では、44.9dBuV/m 以下のデータ測定はできず、試験所 B では 29.8dBuV/m 以下 の測定は出来ないことになる。

また、これらのファクターに 9.5GHz の実際の測定結果をあてはめて、それぞれの観測点 で計測されるはずの測定値を図 D7 に示す。

この結果では、いずれの試験所もプリアンプの入力段に OdBuV 以上の信号が入力されて おり、校正値どおりにプリアンプが増幅をすれば、スペクトラムアナライザには 41.7dBuV、 43.9dBuV という値が観測されることとなる。

	アンテナファクター	ケーブルロス A	アンプゲイン	ケーブルロス B
試験所 A	38.9dB	6.0dB	36.4dB	0.0dB
試験所 B	29.8dB	0.0dB	39.0dB	4.0dB





図 D7: 周波数 9.5GHz における観測点毎の測定値類推

(2) 17.7GHz のデータ差とファクターの関係

試験所 A における測定結果は 69.3dBuV/m であり、試験所 B では 57.0dBuV/m であり、 その差は 12.3dB であった。勿論、この差異には試験環境である FAR の差異も含まれてい る。ず図 D8 にファクターを示す。なお、試験所 B はアンテナからアンプまでが一体型の ため、ファクターの類推値を記述する。

アンプの入力段において 0dBuV 以上の信号が必要と仮定すると、このファクターから、 試験所 A では、52.5dBuV/m 以下のデータ測定はできず、試験所 B では 33.0dBuV/m 以下 の測定は出来ないことになる。

また、これらのファクターに 17.7GHz の実際の測定結果をあてはめて、それぞれの観測点 で計測されるはずの測定値を図 D9 に示す。

この結果では、いずれの試験所もプリアンプの入力段に OdBuV 以上の信号が入力されて おり、校正値どおりにプリアンプが増幅をすれば、スペクトラムアナライザには 51.2dBuV、 54.0dBuV という値が観測されることとなる。

	アンテナファクター	ケーブルロス A	アンプゲイン	ケーブルロス B
試験所 A	44.0dB	8.5dB	34.4dB	0.0dB
試験所 B	33.0dB	0.0dB	36.0dB	6.0dB

図 D8: 周波数 13.5GHz のシステムファクター



図 D9: 周波数 17.7GHz における観測点毎の測定値類推

(2) スペクトラムアナライザの測定条件と測定結果

6.1 項において、2 つの試験所のシステムファクターおよび実際の測定結果比較を行ったが、実際の測定結果における試験所間差異の理由が明確とならなかった。

そのため、本項では、スペクトラムアナライザに入力された信号レベルが、正しい数値を表示していたか否かの一考察を行った。

ー般にスペクトラムアナライザは、ある特定の測定条件や設定条件を設定すると測定結果が異な ることが知られている。

今回のスペクトラムアナライザの入力対出力信号測定に先立って、特定の試験条件を設定した。 前述 4.2 項の様に、本測定では、一般的に利用されると考えられるスペクトラムアナライザの設 定を利用して測定を行った。

実際の試験所 A および試験所 B における試験時に利用された信号発生装置は、放射レベルが比較的高かったため、波形チャート測定時には 100dBuV のリファレンス値が利用された。

また、簡易的に周波数帯域ごとの雑音レベル確認のために利用する、いわゆるスペクトラムアナ ライザのチャート測定は、時間短縮や様々な理由から、試験所毎に周波数スパン設定や、検波帯 域幅設定値が異なっているのが現状である。

そのため、今回の測定においては、代表的な条件設定を行って調査を実施した。

しかし、この設定によって、ある一定条件では正確な測定が実施できないなどの問題とエラーが 懸念されるため、それらについて以下に報告する。

6.2.1 スペクトラムアナライザのノイズフロアレベル

特に、GHz 帯域の測定では、アンテナファクターが大きい、ケーブルロスが大きいなどの 問題から、一部の信号は非常に微弱になりがちであり、これらの微弱な信号を測定する場 合、スペクトラムアナライザのノイズフロアレベルは測定に大きな影響を与える恐れがあ る。

また、GHz 帯域の最終的な測定には、検波帯域幅を 1MHz とした測定が要求されており、 スペクトラムアナライザのチャート測定には、300kHz、120kHz などの検波帯域が利用さ れる。これらの設定条件が、異なった場合のスペクトラムアナライザノイズフロアレベル を図 D10 および図 D11 に示す。

両表に示されるとおり、リファレンスレベルと検波帯域の設定は、ノイズフロアレベルに

大きな差を与えることがわかる。

特に、測定効率化のためにスペクトラムアナライザの広帯域観測設定を必要とされるチャ ート測定では、観測される信号レベルの大小があること、信号の分別を容易化するために 検波帯域幅をマニュアル設定することなどから、そのノイズフロアレベルは 40dB を超える 場合がある。

リファレンスレベル	周波数スパン	RBW/VBW	ノイズフロアレベル	
		1MHz	45dBuV	
100dBuV	2MHz	120kHz	34dBuV	
		10kHz	23dBuV	
		1MHz	39 dBuV	
80dBuV	2MHz	80dBuV 2MHz		28 dBuV
		10kHz	18 dBuV	

図 D10: リファレンスレベルと検波幅差によるノイズフロアレベルの変化

リファレンスレベル	周波数スパン	RBW/VBW	ノイズフロアレベル
		1MHz	43 dBuV
	IGHZ~2GHZ	120kHz	36 dBuV
		1MHz	45 dBuV
100dBuV	IGHZ~4GHZ	1MHz	37 dBuV
TOOUDUV	17CH- 19CH-	1MHz	43 dBuV
		120kHz	35 dBuV
		1MHz	45 dBuV
	14GUT ~ 19GUT	120kHz	37 dBuV

図 D11: 周波数スパンと検波幅差によるノイズフロアレベルの変化

6.2.2 スペクトラムアナライザチャート測定条件における観測値の変化

上記 6.2.1 の様なノイズフロアレベルのスペクトラムアナライザ設定において、通常 EMI 測定で使用するノイズレベルでの観測値に、どの様な影響を与えるかを調査する。

この確認は、図 D12 に示す様に標準信号発生器からスペクトラムアナライザに信号を直接 印加する方法とした。

なお、この時に注入する信号レベルは、今回の測定でプリアンプを介して増幅され、観測 されたと計算される数値に基づいて 35dBuV から 80dBuV の信号とした。

リファレンスレベル 100dBuV、検波帯域 1MHz における 1GHz および 18GHz の標準信号 発生器出力対スペクトラムアナライザ表示値を図 D13 および図 D14 に示す。

双方の測定結果とも、標準信号発生器の出力レベルが一定レベルを超えないと、リニアに 表示されず、標準信号レベルと同一にならず、1GHz 設定では 0.5dB 以内の偏差に収まる 点は 63dBuV、18GHz 設定では 0.5dB 以内の偏差に収まる点が 69dBuV 以上であった。



図 D12:スペクトラムアナライザ入力対出力信号測定校正



図 D13:1GHz におけるスペクトラムアナライザ入力対出力グラフ



図 D14: 18GHz におけるスペクトラムアナライザ入力対出力グラフ

また、同様の条件において、スペクトラムアナライザのリファレンスレベルが 20dB 異なった場合の標準信号発生器出力レベルとスペクトラムアナライザ表示値の差を図 D15 に示す。この結果から、特に 18GHz では入力信号 70dBuV 以下は、その結果に大きな差異があることがわかる。

このことから、例えば、6.1.2 項(2) 図 D9 に示されたようなスペクトラムアナライザの観 測値 51.2dB は、表示レベルから逆算したものであるために、実際は 36dB の信号だった可 能性もあることを示唆している。



図 D15: スペアナリファレンスレベル差によるデータ表示値の差

(3) プリアンプの入力対出力の直線性

一般に、アンテナでピックアップされた信号は、スペクトラムアナライザ等の電界強度計での計測を可能とする(ダイナミックレンジ確保など)ために、プリアンプによって信号を増幅する。
 このプリアンプに入力される信号とプリアンプによって増幅された信号の入力対出力の比、データの直線性(リニアリティー)が無い場合がある。

そこで、ここでは試験所Aで利用されていた広帯域プリアンプと同一型式のプリアンプについて、 その入力対出力の直線性を測定した。

測定は、実際の試験所での測定レベルを考慮した-2dBuV (-109dBm)から+40dBuV (-67dBm)ま での信号を 2dB ステップで標準信号発生器からプリアンプ入力に印加し、その際のプリアンプ出 力値を記録した。

試験構成を図 D16 に示し、代表的な測定結果(1GHz と 18GHz)を、偏差として表示したグラフを図 D17 に示す。



図 D16: プリアンプ直線性測定構成

この測定結果から、広帯域プリアンプでは 1GHz と 18GHz の直線性が異なり、周波数が高くなるほど偏差が増えている。

今回の測定結果では、当該プリアンプが 0.5dB の偏差内で信号を増幅するためには、1GHz にお いて信号入力レベルが 8dBuV 以上の信号強度、18GHz において 16dBuV 以上の信号強度が必要 であることになる。



図 D17: 試験所 A と同一型式広帯域プリアンプ直線性

D7 結果とまとめ

以上、今回の GHz 帯における測定結果の検討において、システムファクターによる測定限界値の問題と、スペクトラムアナライザの設定差異による表示値の問題ならびにプリアンプのリニアリティー問題の3つについて簡単に報告した。

これらの問題は既に各試験所において検討されている事項であると思われるが、設備投資や計測機器の制約などから、必ずしも満足なシステム構成でない場合もある。

最後に、既に既知の事項ではあるが、まとめとして以下の様な注意点を再提示する。

(1) システムファクターの低減

システムファクター、特にアンテナファクターとケーブルロスには注意が必要である。 測定時間とのトレードオフになるが、

- アンテナはできればオクターブゲインホーンアンテナの様なファクターの小さなものを
 利用する
- ケーブルは出来る限りロスの少ないものを極力短く利用する。
- プリアンプは出来る限りヒスノイズが小さく、かつ、ゲインの大きいもの、低入力から 直線性の良いものを選ぶとともに、出来る限りアンテナ直下(直付けが理想)に取り付ける ただし、プリアンプは内部熱雑音を持っており、この熱雑音は、スペクトラムアナライ ザで観測されるフロアーノイズに影響を与えるため、結果測定値を正確に表示できない 懸念がある。したがって、むやみに増幅量の大きなプリアンプを利用しても、目的とす る信号レベルを正確に観測できないため、システムファクター低減とプリアンプ増幅量 とのバランスを見出す必要がある。
- (2) スペクトラムアナライザの選定

広帯域のスペクトラムチャートを測定する場合、測定スパン、検波帯域、リファレンスレベル、 掃引時間などの組み合わせに注意を払い、これらのメリットとデメリットを明確にしておくこ とが重要である。特に、1GHz以上の測定では、検波帯域1MHzにおける測定がCISPR等で要 求されているが、この場合の表示値は、スペクトラムアナライザの種類によって大きく異なる 場合がある。したがって、測定に利用されるスペクトラムアナライザの特性についても確認し ておく必要があるかもしれない。 付録 E FAR と反射箱のエミッション測定の相関

E1 目 的

1GHz 以上の放射エミッション測定において、IEC61000-4-21 で標準化されている反射箱を用いたエ ミッション測定での測定結果と CISPR 16-2-3 で規定されている FAR での測定結果とを比較する。

E2 測定方法

反射箱を用いた放射電力の測定法には、"mode-stirred method"および"mode tuned method"がある。しかしながらこれら標準法は、広帯域の測定には長時間要する欠点があった。このため、短時間(数分内)で測定できる改良法により測定を行った。

図 E1 の様に、反射箱内に送受信アンテナを配置し、送信アンテナに入力電力 $P_{in}(f)$ を加える。攪拌 機を連続的に回転させながら 1 周期間、受信アンテナの受信電力 $P_r(f)$ および送信アンテナからの反射 電力 $P_{ref}(f)$ を測定し、送信アンテナへの入力電力 $P_{net}(f)$ を求める。次に、受信アンテナと同じ位置 に EUT を配置し同様に攪拌機を回転させながら受信電力 $P_{eut}(f)$ を測定する。下記により EUT の全放 射電力 $P_{total}(f)$ を求めることができる。

$$P_{total}(f) = P_{eut}(f) \cdot \frac{P_{net}(f)}{P_{r}(f)}$$



図 E1 測定系



図 E2 実際の風景

スペアナの周波数スパンを出来るだけ広く設定し、攪拌機の回転の1周期間に多くのサンプル数が得 られるように、スペアナの掃引速度を攪拌機の回転速度に比べ充分に高速に設定する。攪拌機の1周期 (1回転)間の受信電力を真値で平均化する。このとき、スペアナの検波モードは、サンプルモードで ある。

EUT の指向性利得を Dとすると、自由空間での電界強度は、次式のように表すことができる。

$$E = \frac{\sqrt{30D P_{total}}}{d}$$

また EUT として、短パルスを発生するコムジェネレータを用いた。このような短パルス波に対する CW 波による置換では、パルス波の波形歪のための誤差が生じる。このためパルス波による置換を行な った。 E3 実験および結果

4 つの攪拌機を異なる速度(0.5,1,1.5,2rpm)で回転させながら 1~18GHz について放射電力を測定した。スペアナをサンプルモードで、10GHz の周波数帯域(20001 ポイント)を 190ms で掃引し、攪拌機の回転 1 周期間に 120 回の平均受信電力を求めた。測定時間は 2 分である。図 E3 に反射箱と電波暗室のコムジェネレータのエミッション測定結果との比較を示す。周波数によっては、レベル差があるが、ほぼ相関性がある。



図 E3 測定結果

E4 考察

反射箱を用いた改良"mode-stirred method"により放射電力を求めた。短時間測定が可能である。 反射箱のエミッション測定では、指向性利得の仮定に基づく誤差を含むことに注意が必要である。

E5 おわりに

比較に用いた FAR での測定値は本調査研究結果を用い、反射箱の測定および報告書は、(独)情報通信研究機構(NICT)にまとめていただいた。

































付録 G

G1 関連規格名

		Publication	
Publication	Title	date	Remarks
CISPR 16-2-1{Ed.1.1}	Specification for radio disturbance and	2005-09	伝導妨害波測定方
	immunity measuring apparatus and		法
	methods - Part 2-1:		
	Methods of measurement of		
	disturbances and immunity -		
	Conducted disturbance measurements		
CISPR 16-2-2{Ed.1.2}	Specification for radio disturbance and	2005-09	放射妨害波測定方
	immunity measuring apparatus and		法
	methods - Part 2-2:		
	Methods of measurement of		
	disturbances and immunity -		
	Measurement of disturbance power		
CISPR 16-2-3{Ed.1}	Specification for radio disturbance and	2003-11	FAR での測定法
am1{Ed.1}+am2{Ed.1}	immunity measuring apparatus and	am1:2005-05	
	methods - Part 2-3:	am2:2005-07	
	Methods of measurement of		
	disturbances and immunity - Radiated		
	disturbance measurements		
IEC 61000-4-21{Ed.1.0}	Testing and measurement techniques -	2003-08	反射箱の測定法
	Reverberation chamber test methods		
CISPR 22{Ed.5}	Information technology equipment -	2005-04	ITE の妨害波許容
	Radio disturbance characteristics -		値
	Limits and methods of measurement		
CISPR 22-am1 {Ed.5}	Amendment 1 –	2005-07	CISPR 22
	Information technology equipment -		改訂1
	Radio disturbance characteristics -		1~6GHz
	Limits and methods of measurement		許容値
CISPR 22-am2 {Ed.5}	Amendment 2 –	2006-01	CISPR 22
	Information technology equipment -		改訂 2
	Radio disturbance characteristics -		
	Limits and methods of measurement		
CISPR 32	ELECTROMAGNETIC	未発行	CISPR13 と
	COMPATIBILITY (EMC) –Multimedia		CISPR22 のスコ
	Equipment		ープを含む
	Radio disturbance characteristics –		CISPR/SC-I/WG2
	Limits and methods of measurement.		で審議中

図G1 主な関連規格

G2 審議中の CISPR 32 より筐体からの放射ノイズの測定法と許容値について抜粋

(1) Enclosure Port 30 MHz-1 GHz.

Table B1, Enclosure Port

Apply one of the following requirements for the frequency range 30 MHz-1 GHz. Measurement of radiated disturbance.							
Ref	Frequency Range	Limits	Basic Standard	Method	Test Setup Reference	Remarks	
1.1	30 MHz-230 MHz 230 MHz-1 GHz	40 dBµV/m at 3m 47 dBµV/m at 3m or	CISPR 16	OATS or SAR Calibration defined in	Annex D	The EUT dimensions shall be within the test volume as demonstrated during the NSA test site validation	
	30 MHz-230 MHz 230 MHz-1 GHz	30 dBµV/m at 10m 37 dBµV/m at 10m		CISPR 16-1-4			
		Detector: Quasi Peak IF BW: 120kHz		defined in Annex E.			
1.2	30 MHz-230 MHz 230 MHz-1 GHz	45-35 dBµV/m at 3m 42 dBuV/m at 3m	CISPR 16	FAR	CISPR 16-2-3	This method is applicable to table top equipment only.	
		or		Tested in accordance with CISPR 16-2-3	Using the additional	used at a given measurement distance.	
	30 MHz-230 MHz 230 MHz-1 GHz	40-30 dBµV/m at 5m 37 dBµV/m at 5m		Calibrated in accordance with CISPR 16-1-4.	requirements in Annex D	Maximum EUT diameter and Measurement height of the test volume Distance	
		or		defined in Annex E.			
	30 MHz-230 MHz 230 MHz-1 GHz	35-25 dBµV/m at 10m 32 dBµV/m at 10m				1.5m 3m 2.5m 5m 5.0m 10m	
		Detector: Quasi Peak IF BW: 120kHz				The limits presented are provisional until work with CISPR H is concluded.	
1.3	30 MHz- 1 GHz	50dB (TV receivers)	Annex F	Shielding Effectiveness test	Annex F	Applicable only if a suitable signal was not applied during testing to 1.1 or 1.2.	
						Only applicable to Audio and TV receivers.	

図 G2 CISPR32/ 30 MHz-1 GHz. 筐体からの放射ノイズの測定法と許容値
(2) Enclosure Port 1GHz - 6 GHz.

Table B1, Continued.

Apply the following requirements for the frequency range 1 GHz-6 GHz as described in Part 2, table 2. Measurement of radiated disturbance.

ansee	nounee.						
Ref	Frequency Range 1 GHz-6 GHz	Limits		Basic Standard	Method	Test Setup Reference	Remarks
1.4		Detector: Average IF BW: 1 MHz	Detector: Peak IF BW: 1 MHz	CISPR 16	FAR or OATS or SAR See note 6	Annex D	*reference will be updated when CISPR A have completed there work
	1 GHz-3 GHz 3 GHz-6 GHz	50 dBµV/m at 3m 54 dBuV/m at 3m	70 dBµV/m at 3m 74 dBuV/m at 3m	Ī	Tested in accordance with CISPR 16-2-3	1	
					Calibrated in accordance with Clause 8, CISPR 16-1- 4.		
					Using the test processes defined in Annex E.		
1.5	1 GHz-3 GHz 3 GHz-6 GHz	Detector: Average IF BW: 1 MHz	Detector: Peak IF BW: 1 MHz	CISPR 16 IEC 61000-4-21	Using the test processes defined in IEC 61000-4-21.	IEC 61000-4-21	
		50 dBµV/m at 3m 54 dBµV/m at 3m	70 dBµV/m at 3m 74 dBµV/m at 3m				

Notes:

1. Where a limit is not flat over a given frequency range, it changes linearly with the respect to logarithm of the frequency.

2. Where there is a step in the relevant limit, the lowest value shall be applied at the transition frequency.

3. If different detectors have been specified, the EUT shall be assessed using all relevant detectors against the appropriate limit. This process can be minimised by use of the decision tree defined in figure E2.

4. The EUT is deemed to fully comply with the enclosure requirements when it has been assessed at only one of the specified measurement distances.

5. These requirements exclude the local oscillator fundamental and harmonics from analogue tuners. See table 3 for the limits.

6. For SAR/OATS measurements above 1GHz, a free space environment shall be used, see CISPR22

図 G3 CISPR32/1GHz・6 GHz 筐体からの放射ノイズの測定法と許容値

G3 既存の1GHz以上の妨害波許容値

(1) CISPR 22:第5版 2005+Amendment 1: 2005-07

 測定法 CISPR 16 シリーズ参照 CISPR 16-1-1 の 8.2 項、測定設備 CISPR 16-1-4 の 4.6 項、測定アンテナの定義 CISPR 16-1-4 の 8 項、測定サイト CISPR 16-2-3 の 7.3 項、測定方法の規定

② 許容値

周波数範囲	平均值許容值	尖塔値許容値 dB(μV/m)		
GHz	dB(µV/m)			
$1 \sim 3$	56	76		
$3 \sim 6$	60	80		
注 : 周波数の境界では低い方の許容値を適用する。				

図 G4 測定距離 3m でのクラスA 情報技術装置の放射妨害波の許容値

周波数範囲	平均值許容值	尖塔値許容値			
m GHz	$dB(\mu V/m)$	dB(µV/m)			
$1 \sim 3$	50	70			
$3 \sim 6$	54	74			
注:周波数の境界では低い方の許容値を適用する。					

図 G5 測定距離 3m でのクラス B 情報技術装置の放射妨害波の許容値

③ 測定が要求される上限周波数

機器の使用している最大周波数	測定が要求される上限周波数
108 MHz 未満	1 GHz
108 MHz 以上 500 MHz まで	$2~{ m GHz}$
500 MHz 以上 1 GHz まで	$5~{ m GHz}$
1 GHz 超える場合	使用最大周波数の5倍または
	<u>6 GHz</u> どちらか小さい方

図 G6 機器の使用している最大周波数と測定が要求される上限周波数の関係

(2) FCC 47 CFR Part 15 (USA)

- 測定法 Part 15.31 測定規格 小項番(a)の(3) 2004年10月07日より2003年版
 ANSI C63.4-2003: "Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz," 2003
- ② 許容値 Part 15.109 クラス B 機器 測定距離 3 メータ、960MHz を越える周波数について、500(microvolt/meter) 換算 54 dB(µV/m)
 クラス A 機器 測定距離 10 メータ、960MHz を越える周波数について、300(microvolt/meter) 換算 49.5 dB(µV/m) 3m 換算 60 dB(µV/m)
- ③ 測定が要求される上限周波数

機器の使用している最大周波数	測定が要求される上限周波数			
108 MHz 未満	1 GHz			
108 MHz 以上 500 MHz まで	$2~{ m GHz}$			
500 MHz 以上 1 GHz まで	$5~\mathrm{GHz}$			
1 GHz 超える場合	使用最大周波数の5倍または			
	<u>40 GHz</u> どちらか小さい方			

図 G7 機器の使用している最大周波数と測定が要求される上限周波数の関係

	- 禁	無	断	転	載	-	
र.	ルチメディ -	ア機器の 平成1	D電磁ダ 7 年度氵	仿害波 舌動報(に関する 告書 -	5調査研	究
発行日 発 行	平成 社団 東京 N P 1 電話	18年3 去人 と 都港区西 卸成門と :03-54	3月 ごジネン 西新橋 3 ごル4『 72-110	ス機械 3 - 2 ! 皆 01(代表	・情報シ 5 - 3 3	∨ステム }	産業協会