

【研究論文】

【令和4～5年度 県単独試験研究】

10m法電波暗室を用いた放射電磁ノイズの測定環境依存に関する調査研究

坂下 雅幸、佐藤 裕高、安齋 哲
機械電子情報技術部

令和3年度に整備した10m法電波暗室(図1)によってEMC評価の代表的な評価のひとつである10 m距離での放射電磁ノイズ測定が可能となり、国際標準の測定距離で放射電磁ノイズ測定が可能となった。しかし、これまで地域企業に利用いただいていた3m法電波暗室(図2)との相関性や他機関の電波暗室との相関性に対しての技術相談が地域企業から寄せられることが予想されたことから、10m法電波暗室を中心に既存3m法電波暗室や他機関の電波暗室との放射電磁ノイズの測定環境依存を調査し、測定距離や試験機関による差異、留意点を実測することで定量的に把握し、放射電磁ノイズ測定を実施する地域企業にこれらの結果を展開するとともに、10m法電波暗室の利用促進を目指した。

キーワード: EMC、放射電磁ノイズ測定、10m法電波暗室、3m法電波暗室

1 緒言

EMC総合試験棟整備により長年にわたり地域企業からの要望が非常に高かった10m法電波暗室を導入した。

新たに可能となった10m法での放射電磁ノイズ測定とこれまで実施していた3m法電波暗室での3m法による放射電磁ノイズ測定との相関性等についての知見を得ることで、利用企業の3m法から10m法への移行促進や、予約状況に応じてどちらの電波暗室を選択しても同等の測定が実施できるよう、測定環境依存に関する調査を実施した¹⁾。また他機関の電波暗室との相関性の検証を実施し、測定環境による差異に関する知見を得るとともに、他機関と情報共有などの連携強化を図った。

①を満足しているかの評価を「エミッション(EMI: ElectroMagnetic Interference)測定」といい、電子機器が周囲の電子機器などに影響を与える可能性のある電磁妨害波を放出しているか評価する必要がある。

また②を満足しているかを評価する「イミュニティ(EMS: ElectroMagnetic Susceptibility)試験」があり、電子機器が周囲の電磁環境の影響を受けても誤作動しないかを評価する必要がある。電子機器はこれらの試験をクリアし、①と②が両立していることを証明する必要がある、それら試験を総称してEMC評価という。

2.2 電波暗室について

電波暗室とは、外部からの電磁波の影響を遮断し、外部にも電磁波を漏らさない金属板の部屋に、電磁波が内部で反射しないように電波吸収体を隙間なく張り付けた試験設備であり、EMC評価などの電磁波やアンテナの電波を扱う試験や実験を行う際、外界の様々な電波と切り離すために重要な設備となっている。

EMC評価で用いる電波暗室の国際標準は測定距離10 mを確保できる10m法電波暗室であるが、当センターの既存設備としてこれまで運用していた電波暗室は小型機器のEMC試験に限定した3m法電波暗室であった。この度EMC総合試験棟整備により10m法電波暗室を整備したことで、当センターにおいても国際標準の測定環境でのEMC試験が可能となった。

2 EMC評価について

2.1 EMCとは

EMCはElectroMagnetic Compatibilityの略で、日本語では「電磁両立性」と呼ばれており、JIS規格では装置又はシステムの存在する環境において、

① 許容できないような電磁妨害をいかなるものに対しても与えず、

かつ、

② その電磁環境において満足に機能するための装置又はシステム

と定義²⁾されている。



図1 EMC総合試験棟に導入した10m法電波暗室

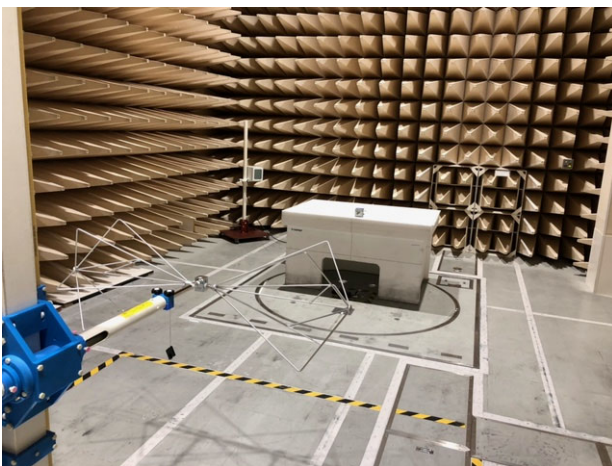


図2 既存の3m法電波暗室

3 調査

3.1 測定距離による環境依存調査

宮城県産業技術総合センターに整備された10m法電波暗室と3m法電波暗室を用いて、測定距離による電磁ノイズ測定結果の差異について調査した。

測定については、10m法電波暗室において測定距離を10 mと3 mで実施し、3m法電波暗室では測定距離3 mで実施した。

3.1.1 測定方法

10m法電波暗室では30 MHz～1 GHzの周波数範囲をバイログアンテナ：VULB9168(Schwarzbeck社製)を用い、3m法電波暗室では同様の周波数範囲をバイコンカルアンテナ：BBA9106+VHA9103B(Schwarzbeck社製)とログペリオディックアンテナ：UHALP9108(Schwarzbeck社)を用いて評価した。使用したアンテナについては普

段の測定で使用しているアンテナの組み合わせとした。ノイズ発信源としてコムジェネレータ：CG-515(COM-POWER社製)を10 MHz間隔で発信させ、各電波暗室にてピーク検波で放射電磁ノイズ測定を実施し、測定距離による違いを比較した。

なお、測定方法についてはCISPR16-2-3³⁾を参照し実施した。

3.2 測定環境による環境依存調査

同一測定距離の電波暗室で測定環境の差異による影響を調査した。測定については、宮城県産業技術総合センターに整備された電波暗室および他機関の電波暗室で実施し、測定距離は10 m距離、3 m距離の2通りで実施した。

3.2.1 測定方法

測定距離10 mについては、当センターの10m法電波暗室のほか2機関のデータを用いた。測定距離3 mについては、当センターの3m法電波暗室をはじめ、6機関のデータを用いた。また当センターの10m法電波暗室内で測定距離を3 mまで近づけることで同じ測定距離3 mでの評価も実施した。

測定に使用したアンテナは3.1.1で示した組み合わせとした。ノイズ発信源については、測定距離10 mではコムジェネレータ：RSG1000+DPA4000(SCHAFFNER社製)、測定距離3 mではコムジェネレータ：CGO-515(COM-POWER社)を用いて、各電波暗室にてピーク検波で放射電磁ノイズ測定を実施し、測定距離による違いを比較した。

なお、測定方法についてはCISPR16-2-3を参照し実施した。

4 調査結果及び考察

4.1 測定距離による環境依存調査結果

10m法電波暗室(測定距離10 m)と3m法電波暗室(測定距離3 m)での測定結果を図3に示す。

ただし、10m法電波暗室と3m法電波暗室では測定距離が異なり、それに伴い受信強度も異なるため、距離換算(補正值10 dB)を行い、検討を実施した。距離換算を行ったグラフを図4に示す。

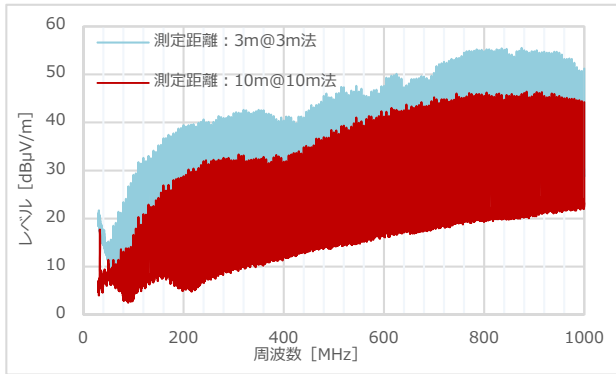
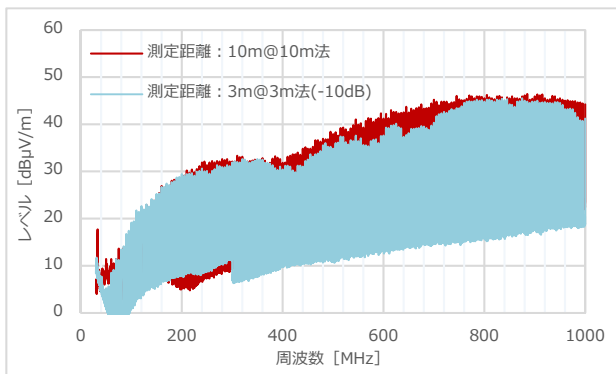
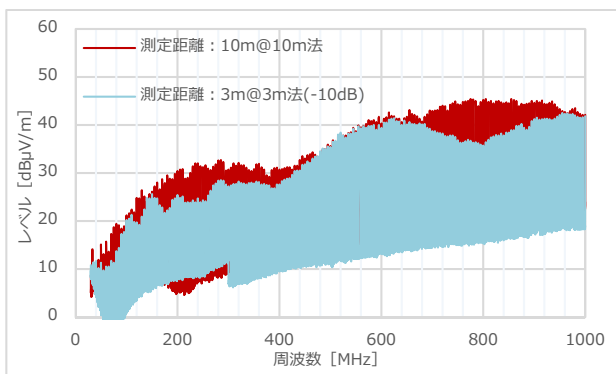


図3 10m法と3m法電波暗室の測定結果(水平偏波)



(A) 水平偏波



(B) 垂直偏波

図4 10m法と3m法電波暗室の測定結果(距離換算後)

水平偏波(図4(A))では400 MHz～800 MHz、900 MHz後半の帯域において、3m法電波暗室での測定結果が低く、垂直偏波(図4(B))では500 MHz以下、650 MHz～950 MHzの帯域において、3m法電波暗室での測定結果が低いことがわかる。

測定結果から、当センターの10m法と3m法電波暗室での比較では3m法電波暗室での測定結果が過小評価となる傾向があることがわかった。

測定差異の要因としては測定距離が異なることでの電磁ノイズの床反射の影響が考えられる。規格上、EMC評価の電磁ノイズ測定では電波暗室の床面は反射面と

するため、測定では試験対象品からの直接波と床反射波の合成波を測定することになる。そのため、測定距離が異なることで床からの反射波が変わり、アンテナ受信時の合成波が変わることで、測定結果にも影響を与えたと推測される。

また、各電波暗室で使用したアンテナが異なっていることも要因の可能性がある。10m法電波暗室で使用したパイログアンテナは、3m法電波暗室で使用したバイコンカルアンテナとログペリオディックアンテナを連結したような形状および周波数特性となっており、30 MHz～1 GHzの測定時にはアンテナの交換が不要になるなどのメリットがある。しかし、ログペリオディックアンテナの後ろにバイコンカルアンテナを連結したような形状となっており、周波数毎の受信ポイントが異なるため、床反射の影響と相まって測定結果への影響を増大させている可能性が考えられる。

今後の展開としては、共通のアンテナを使用して10m法電波暗室と3m法電波暗室での電磁ノイズ測定を実施し、比較評価することが考えられる。

4.2 測定環境による環境依存調査結果

4.2.1 センター内電波暗室での調査

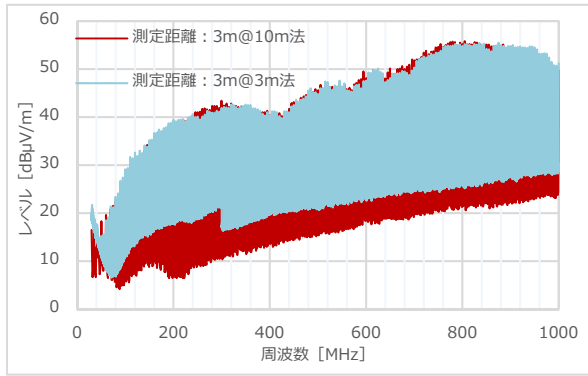
センター内の2つの電波暗室にて調査を実施した。なお、この2つの電波暗室は同じメーカーである。

3m法電波暗室と同様の測定距離になるよう、10m法電波暗室の中でアンテナ距離を調整し、測定距離3 mにして電磁ノイズ測定を実施した。本評価でも10m法電波暗室はパイログアンテナ、3m法電波暗室ではバイコンカルアンテナとログペリオディックアンテナを使用した。結果を図5に示す。

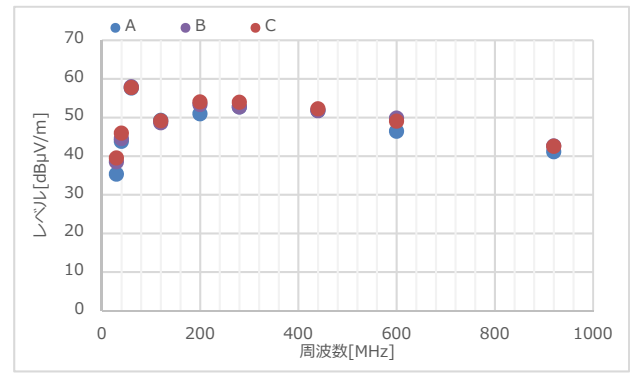
水平偏波(図5(A))においても垂直偏波(図5(B))においてもほぼ同等の測定結果となった。

アンテナの違いや電波暗室仕様の違いなどによる影響は必ずしも排除できないが、測定距離が大きく影響していることが示唆される結果を得た。

こちらも今後の展開としてアンテナを共通にして電磁ノイズ測定を行い、比較評価の実施を想定している。

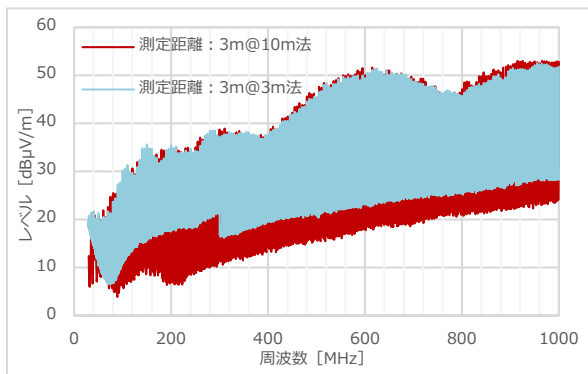


(A) 水平偏波



(B) 垂直偏波

図6 10m法電波暗室での測定結果



(B) 垂直偏波

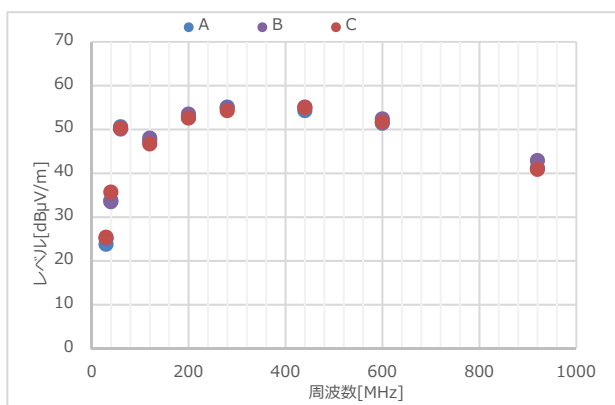
図5 各電波暗室での測定結果

水平偏波(図6(A))も垂直偏波(図6(B))も比較的近い値となった。そこで、多数の試験機関での技能試験で使用される評価指標の一つである、Z-scoreによる評価を行った。結果を図7に示す。Z-scoreは分布の平均値からのずれを示す統計指標であり、判定基準は下記となる。

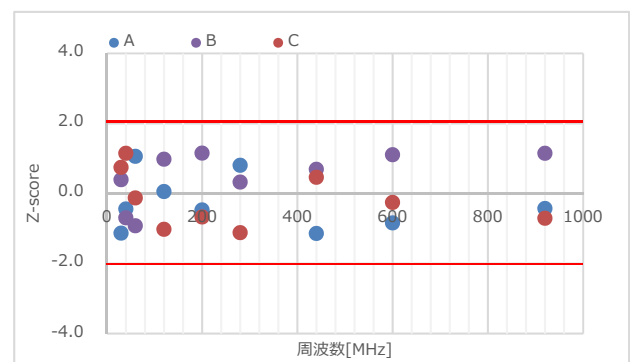
判定基準: $|Z| \leq 2$: 満足
 $2 < |Z| < 3$: 疑義
 $|Z| \geq 3$: 不満足

4.2.2 10m法電波暗室での調査

当センターのほか2機関の10m法電波暗室にて、測定距離10 mを統一し電磁ノイズ測定を実施した結果を図6に示す。なお、3機関分のデータを整理しやすくするため、周波数を限定し測定を実施した。

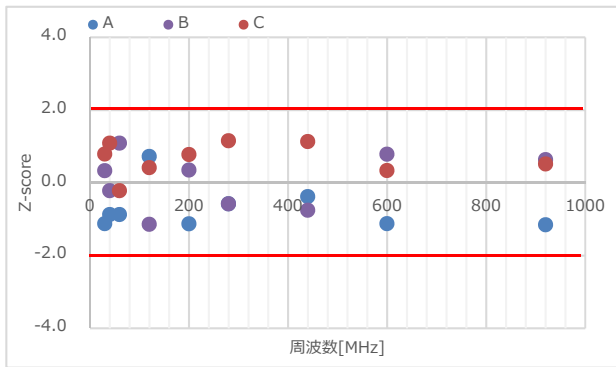


(A) 水平偏波



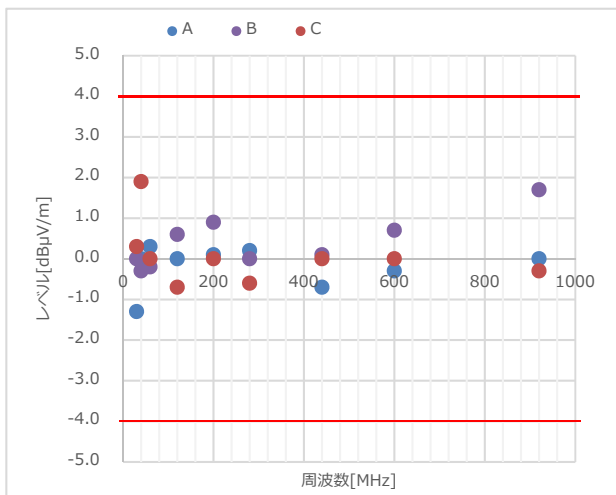
(A) 水平偏波

また、中央値による評価も実施した。図8に示す。サイト評価方法において、測定結果のばらつきを ± 4 dB内の範囲に収めることが一般的なため、参考値として評価基準を ± 4 dB内とした。

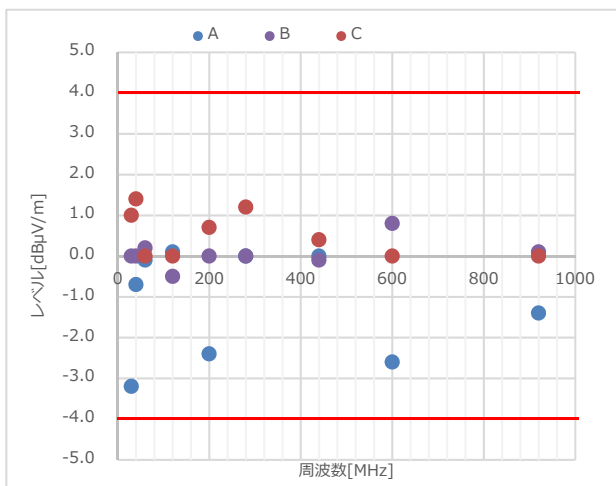


(B) 垂直偏波

図7 Z-scoreによる評価(10m法電波暗室)



(A) 水平偏波



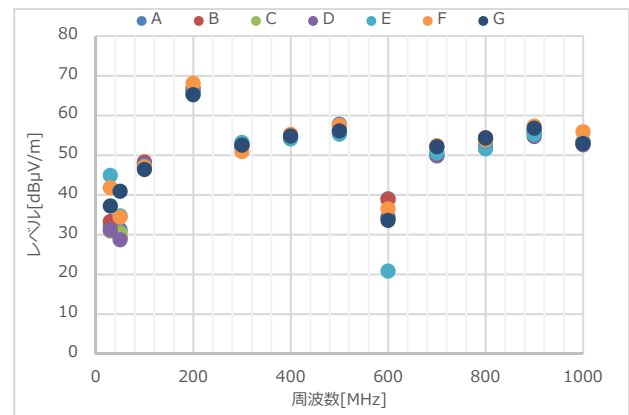
(B) 垂直偏波

図8 中央値による評価(10 m法電波暗室)

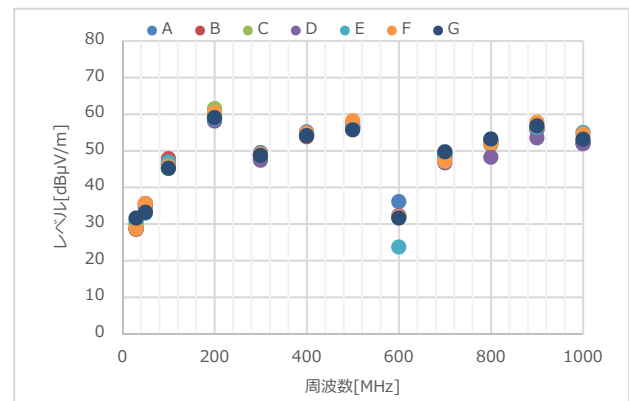
図7より、判定基準 $|Z| \leq 2$ を満足しており、また図8より中央値での評価も ± 4 dBの範囲内に収まっていることから、今回評価した3機関でのサイト間のばらつきは許容内であることが確認できた。

4.2.3 3m法電波暗室での調査

当センターのほか6機関の電波暗室にて、測定距離3 mを統一し電磁ノイズ測定を実施した。結果を図9に示す。なお、7機関分のデータを整理しやすくするため、周波数を限定し測定を実施した。



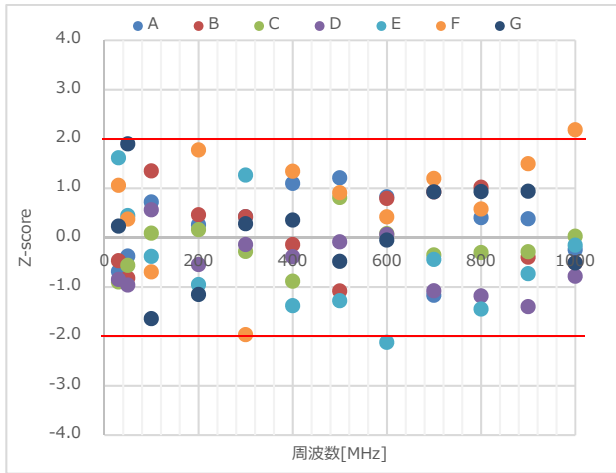
(A) 水平偏波



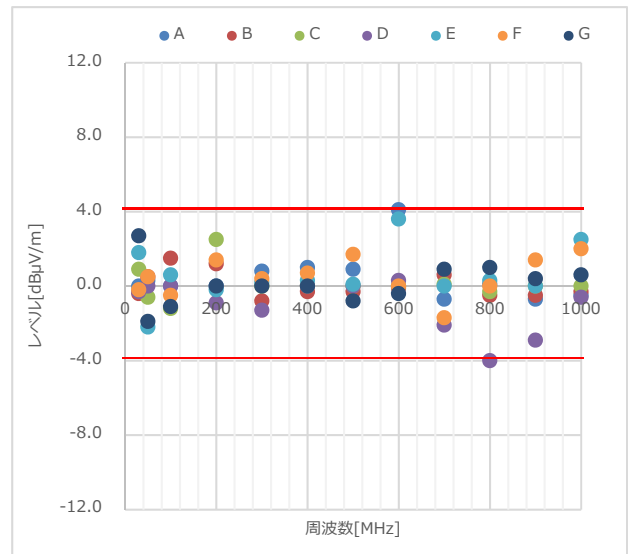
(B) 垂直偏波

図9 測定距離3m法での測定結果

水平偏波(図9(A))では30 MHz付近と600 MHz、垂直偏波(図9(B))600 MHzで測定結果に差がでた結果となった。そこで4.2.2と同様、Z-scoreおよび中央値による評価を行った。Z-scoreを図10、中央値評価を図11に示す。

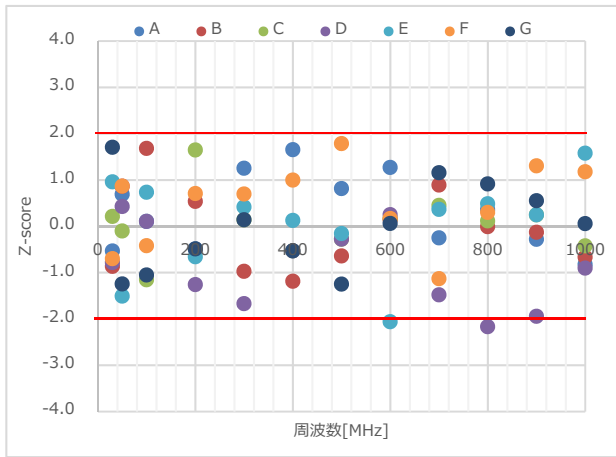


(A) 水平偏波



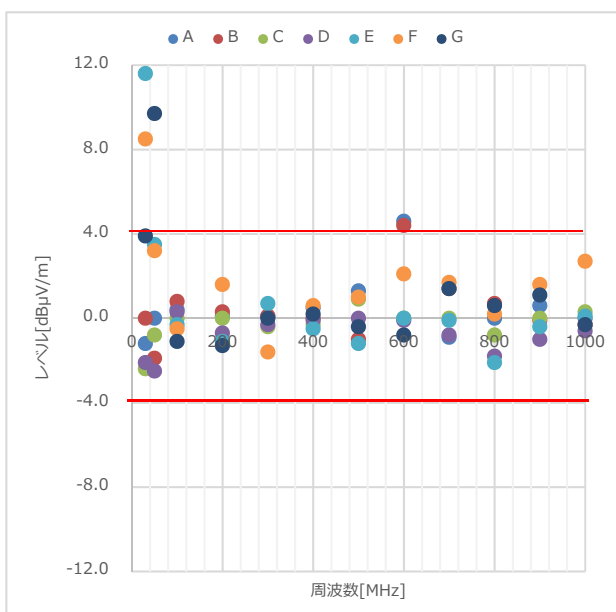
(B) 垂直偏波

図11 中央値による評価(測定距離3m)



(B) 垂直偏波

図10 Z-scoreによる評価(測定距離3m)



(A) 水平偏波

図10より、Z-scoreでは $|Z| \leq 2$ を超えて判定が「疑義」となる機関が数か所あったが、測定値が大きくばらついていた30 MHz付近については $|Z| \leq 2$ を満足していた。Z-scoreは平均値等を使用して評価するため、値がまばらにばらついている場合は平均値などが影響され、結果、あまり問題ないように見えてしまうことが分かった。

そのため、中央値(図11)でも確認したところ、水平偏波のばらつきが大きく、中央値比較では最大11.6 dBの差分が見られた。上記の最大差分が見られた周波数は30 MHz(水平偏波)であり、50 MHz(水平偏波)でも9dB程度の差分が見られた。この結果を参考に測定環境を比較したところ、①測定アンテナのモデルの違い、②電波暗室メーカーの違いが影響していることが推察された。だが、4.2.1より、測定アンテナが異なっても電波暗室メーカーが同じであれば測定結果は近い値になる傾向が確認できたことから、各電波暗室メーカーによる、電波吸収体の違いやグラウンドプレーンの違いなどが影響している可能性が高いことが推察された。

今後は差異が大きい電波暗室にて測定アンテナを統一した追加評価が詳細な検証に効果的と考えられる。

なお、本調査は各機関毎の電波暗室の特性由来による影響を調査したものであり、電波暗室メーカー毎の是非を問うものではない。

5 結言

当センターの2つの電波暗室、他機関の電波暗室にて比較評価した結果を下記にまとめる。

(1)測定距離による環境依存

- ①当センターの 10m 法と 3m 法での放射電磁ノイズ測定の結果を比較すると 3m 法での結果が過小評価となることが分かった。特に垂直偏波の結果が顕著であり、3m 法で評価したものを 10m 法に持ち込むと、場合によっては 10m 法では限度値を超える可能性があることが把握できた。

(2)測定環境による環境依存

- ①当センターの 2 つの電波暗室において測定距離を統一(3 m)にして比較したところ、同等の測定結果となることが分かった。
- ②10m 法電波暗室において測定距離 10 m で比較検証したところ、測定結果のばらつきは許容内であることが確認できた。今後さらに測定機関を増やして継続的な検証を実施したい。
- ③測定距離 3 m にて複数機関で比較検証したところ、測定値のばらつきが確認された。差異が大きい機関の要因として、測定アンテナの違いも可能性としてはあるものの、電波暗室メーカーが異なるゆえの電波吸収体の種類等の違いによる影響が大きいと推察した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、測定協力いただいた各試験機関担当者には多大なる御協力をいただきました。ここに、謝意を表します。

参考文献

- 1) 令和4年度宮城県産業技術総合センター研究報告. 2023, No. 20, P57
- 2) EMCに関するIEV用語(JIS C 60050-161:1997)
- 3) CISPR16-2-3 Ed.4.0:2016 無線妨害及びイミュニティ測定装置並びに測定方法の仕様書—第2-3部:妨害及びイミュニティの測定方法—放射妨害の測定