

## 論文

## 10m法電波暗室の特性評価とダブルマストの影響度に関する実験

高橋 文緒\*<sup>1)</sup> 大橋 弘幸\*<sup>1)</sup> 大森 学\*<sup>1)</sup>

## Evaluating the 10m method anechoic chamber and experimenting on the influence of a second mast in the double mast system

Fumio Takahashi\*<sup>1)</sup>, Hiroyuki Ohashi\*<sup>1)</sup>, Manabu Oomori\*<sup>1)</sup>

To obtain ISO17025 accreditation for the 10m method anechoic chamber in the Tama techno plaza, the following action items are needed; i) creating written procedures needed for ISO17025 accreditation, ii) listing and checking the uncertainty factors in the measurement system, and iii) calculating the uncertainty in the whole EMC system.

In order to meet the technology requirements of ISO17025, the characteristics are evaluated and some improvements to the 10m method anechoic chamber are made. Furthermore, experiments were carried out to test the influence of a second mast in the double mast method system in the Tama techno plaza which achieved a higher-speed measurement.

キーワード：ISO17025, EMC, 不確かさ, ダブルマスト

Keywords：ISO17025, EMC, Uncertainty, Double mast

## 1. まえがき

多摩テクノプラザではEMCサイトの10m法電波暗室において、ISO17025の取得を目指している。ISO17025とは、試験所が試験を行うにあたり、試験品の性能評価を行う際の一般要求事項を規定した国際規格である。この認定を受けることにより、国際的に通用する試験所として認知されることとなるため、企業への国際化支援のために認定取得は有益である。ISO17025では、測定において手順書の作成が義務付けられている。加えて、測定品質の向上や不確かさの算出等の技術的要求がある。

本研究では、EMCサイトのISO17025の技術的要求を満たすため、測定手順を文書化により確立した上で、電波暗室及び不確かさの算出に重要な測定テーブルの特性評価とその改善を行う。また、多摩テクノプラザにおける、測定の高手法であるダブルマスト法のマスト間の影響の実験・評価を行うことを目的とする。

## 2. 測定手順書作成

ISO17025取得項目及び測定範囲は表1の通りであり、各々に対して手順書を必要とする。必要となる規格書の確認を行い、都産技研の保有する機器を使って規格試験を行う場合の測定手順書の作成を行った。

また、放射エミッション測定時の不確かさ要因に関して、表2に示す。この要因に関する代表的なバジェット表はCISPR16-4-2に記載されている。

事業名 平成22年度、23年度 基盤研究

\*<sup>1)</sup> 電子・機械グループ

表1. ISO17025取得項目及び測定範囲

取得項目	VCCI,EN55022,CISPR22
測定項目	放射エミッション測定(30MHz~1000MHz) 放射エミッション測定(1GHz~6GHz) 伝導エミッション測定(電源ポート) 伝導エミッション測定(通信ポート)

表2. 放射エミッションの不確かさの要因

入力量	$X_i$
レシーバの読み	$V_r$
減衰量	$A_c$
プリアンプゲイン	$G_p$
アンテナ係数	$F_a$
レシーバの補正	$\delta V$
不整合	$\delta M$
アンテナ補正	$\delta F$
サイト補正	$\delta d_{AN}$

## 3. 検討内容

3.1 電波暗室の性能評価技術 5面電波暗室の特性評価は、30MHz~1000MHzにおいては正規化サイトアッティネーション(NSA)(図1)、1GHz~6GHzにおいてはサイトVSWR(SVSWR)(図2)により実施する。

NSAは、図1に示す送信アンテナから受信アンテナまでの空間の減衰量を評価する方法で、リファレンスより $\pm 4\text{dB}$ 以内とCISPR16-1-4に規定されている。ここでのリファレンスは理想的なオープンサイトの減衰特性を指す。SVSWRは図2に示すサイトの反射波を評価する方法で、受信アンテナ

ナと送信アンテナを規定の距離離れた状態の、直接波と反射波の干渉によって生じる最大受信信号と最小受信信号の比を求め、結果が2:1以下、すなわち6dB以下とCISPR16-1-4に規定されている。受信アンテナと送信アンテナの距離は基準位置を0cmとした場合、基準位置より後方2, 10, 18, 30, 40cmの位置で測定を行うこととなっている。

これらは、測定結果が表2の『サイト補正  $\delta d_{AN}$ 』の不確かさの要因に含まれ、確率分布は三角分布で評価する。

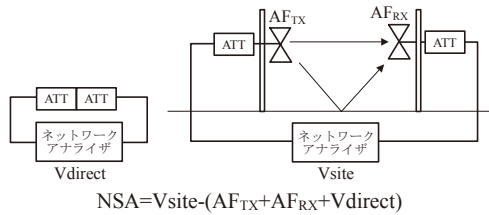


図1. NSA 評価方法

Vdirect:ケーブル等の減衰量, Vsite:サイトの測定結果  
AF<sub>TX</sub>, AF<sub>RX</sub>:送信及び受信アンテナの校正値

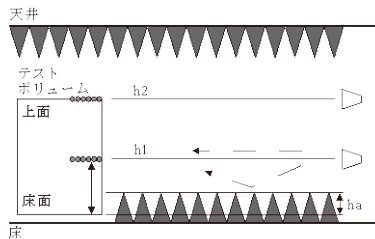


図2. SVSWR 評価方法

h1:テストボリュームの底面の1m上, h2:テストボリュームの上面  
ha:床面に置いた吸収体によって隠される高さ(最大0.3m)

**3.2 測定テーブルの影響** 測定テーブルとは、試験品を配置するテーブルを指し、木製または他の非導電性材料であるが、これらの誘電特性は放射エミッション測定において試験結果に影響を及ぼす。試験時、測定テーブル上に配置する卓上型機器の場合、200MHzより上で試験結果に影響を与えるといわれている。これは、試験品からの電磁波が、机により反射することを意味する。これは、表2の『サイト補正  $\delta d_{AN}$ 』の不確かさの要因に含まれ、確率分布は一様分布で評価する。

この測定テーブルによる影響の推定には CISPR16-1-4 に記載されている測定方法を用いる。評価方法を図3及び図4に示す。送信アンテナを高さ80cmの測定テーブルの対角線上の半分の長さを中心として、机上から高さ10cmの位置に配置する。これは、試験品から放出される電磁波を模擬する。受信アンテナは送信アンテナより測定距離分を離れた位置に配置し、高さを1~4mまで走査する。テストボリュームとは、試験品が配置可能な領域を示す。この時、受信アンテナに接続された測定器では最大値を計測する。CISPR16-1-4の規定から、この測定を図4のように測定テーブルがある場合とない場合で実施し、その差分を測定テーブルの影響として評価する。今回は、木製テーブル、木製+

発泡スチロール製テーブル、発泡スチロール製テーブルの評価を行った。

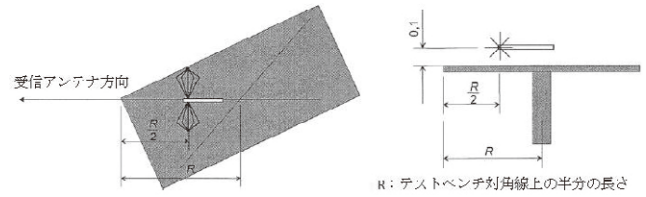


図3. 測定テーブルによる影響の推定 CISPR16-1-4

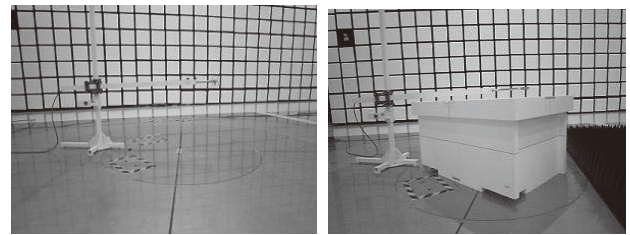


図4. 測定テーブルによる影響の評価方法

(左図:机なし, 右図:机あり)

**3.3 ダブルマストにおけるマスト間の影響** 通常、放射エミッション測定の規格試験を行う場合、測定用の受信アンテナを1本配置して測定を行っている。多摩テクノプラザでは、試験品のEMC対策等の性能評価試験を行う場合、測定的高速化を行うために受信アンテナを2本配置して測定を行う場合がある。受信アンテナを1本のみ使用する場合をシングルマストと称しているのに対し、2本を使用する場合をダブルマストと称している。ダブルマストを使用する際の測定周波数は30MHz~1000MHz、測定距離を10mとし、両マストの相対角度は27°である。

シングルマストを使用する際は、規格に則った方法により電波暗室の特性評価が可能である。これに対し、ダブルマストは規格化されておらず、測定したデータの信頼性を定量的に表すことができない。この問題を解決すべく、ダブルマスト使用時のマスト間の影響について測定を行った。

2本目のアンテナ(サブシステム)が1本目のアンテナ(メインシステム)の測定値に与える影響について、図5のようにメインシステム側における空間の評価を行う際に、サブシステムのアンテナがある場合とない場合を次の3通りの方法で測定し、その差分をサブシステムの影響とした。これは、メインシステムに対して、サブシステムを配置した場合、サイト内に反射物が配置されたために空間の特性が劣化し、測定値に影響を及ぼすと推定したためである。

- ①サブシステムのアンテナ高さの影響
- ②メインシステムのNSA評価位置に対するサブシステムの影響
- ③メイン・サブシステム間の相対角度の影響

①の測定方法では、サブシステムのアンテナを配置した際の、メインシステムのハイトパターンへの影響を評価す

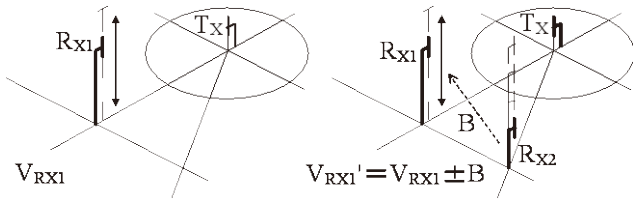


図5. ダブルマストのマスト間の影響測定時のアンテナ配置  
 RX1:メインシステム, RX2:サブシステム, Tx:送信アンテナ  
 V<sub>RX1</sub>:メインシステムのみ配置した場合の測定結果  
 V<sub>RX1'</sub>:サブシステムを配置した場合のメインシステムの測定結果  
 B:サブシステムを配置することでメインシステムに与える影響

る実験を行った。ハイトパターンとは、受信アンテナにおける高さ方向の電界強度を指す。送信アンテナをターンテーブル中央に配置し、受信アンテナの高さを1~4mまで掃引した際の受信アンテナにおける電界強度を意味する。

次に、②の測定方法では、サブシステムのアンテナを配置した際の、メインシステムのNSAへの影響を評価する実験を行った。今回は、送信アンテナ及び受信アンテナをNSAに規定された計5箇所に配置した際のハイトパターンの測定とした。また、サブシステムのアンテナはターンテーブル中心より10mの位置に固定とした。

最後に③の測定方法では、メイン・サブシステム間の相対角度を変更して、メインシステムのハイトパターンへの影響評価実験を行った。①及び②では、運用時の配置角度27°で測定を行ったが、この角度を外側及び内側に10°ステップ毎で移動させた場合の測定を行う。

#### 4. 検討結果と考察

4.1 電波暗室の性能評価 図1を用いたNSAの評価結果の中で、最悪値を図6に示す。この際の条件は、送信アンテナの偏波が垂直、高さ1mの場合である。規格要求値±4dBに対し2.31dBと十分余裕のある結果となった。これは多摩テクノプラザの電波暗室が十分広いことと、電波吸収体の特性が良好であることを示す。

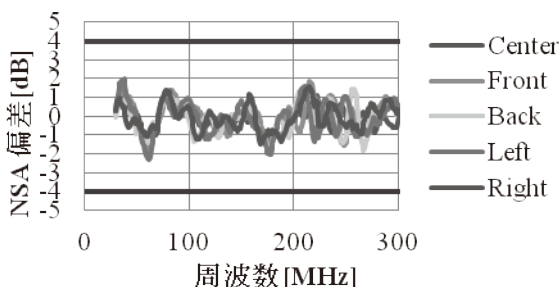


図6. NSA評価結果  
 Center, Front, Back, Left, Right: 評価時の送信アンテナの各ポジション

図2を用いたSVSWR評価結果の最悪値を、図7に示す(配置は図8左図)。今回は、周波数ステップを規格要求50MHzステップに対し、10MHzステップとすることにより、より詳細な反射特性を確認した。規格要求6dB以内に対し、5.7dBとマージンの少ない結果となった。これは壁面からの反射

の影響と推定し、特性を改善するためにサイト内の配置を見直した。

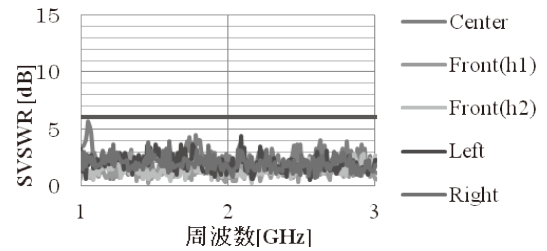


図7. SVSWR評価結果  
 Center, Front, Left, Right: 評価時の送信アンテナの各ポジション

1GHz超の測定は、3m距離での測定が規格により定められているが、上記の結果は図8左図のようにサイトの中心を0°として配置した。このため、壁からの反射波の影響を想定し、これを回避するために、図8右図のように17°傾けて配置し、特性の改善を行った。結果として、0.5dBの改善を行うことができた。

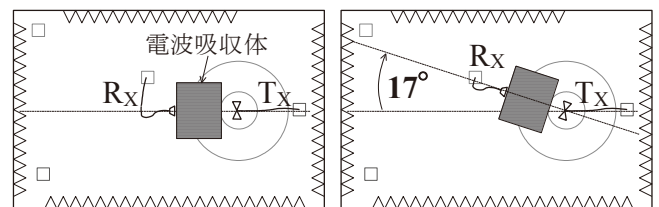


図8. サイトの配置変更  
 (左図:サイト中心0°, 右図:サイト中心17°)  
 Rx:受信アンテナ, Tx:送信アンテナ

4.2 測定テーブルの影響 評価結果を図9に示す。30MHz~1000MHzに関して木製テーブルを使用した場合、発泡スチロール製テーブルと比較して、約2.5dB程度影響が大きい。

1GHz~6GHzに関しては更に顕著な結果となり、木製テーブルを使用した場合、発泡スチロール製テーブルと比較して、約6dB程度影響が大きい。

4.3 ダブルマストにおけるマスト間の影響 ①サブシステムのアンテナ高さの影響の測定結果を図10に示す。差分の最大値は1.05dBであった。アンテナの偏波は水平偏波よりも垂直偏波が影響を受けていることがわかる。これは、今回配置したサブシステムのアンテナが、メインシステムのアンテナから見た場合、壁面に反射物があるように見えるため、垂直偏波において値が変動したと推測する。また、サブシステムの高さを1mから4mまで1mステップで変更した場合、およそどの高さにおいても影響を受けていることがわかる。加えて、影響を受ける周波数は30~300MHzと低い周波数帯域であるが、これは300MHz~1000MHzで使用しているログペリオディックアンテナより、30MHz~300MHzで使用しているバイコンカルアンテナの方が、指向性がブロードなためと推測する。以上の結果を踏まえて、②及び③の測定において、アンテナの偏波に関しては垂直

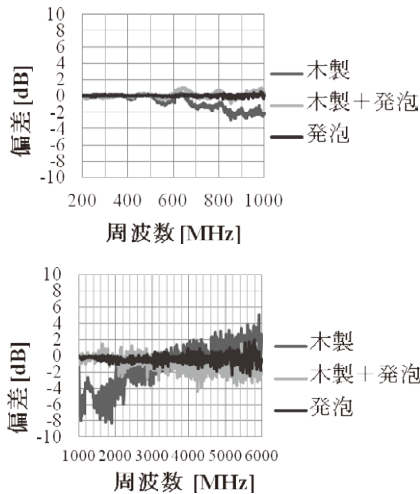


図9. 測定テーブルの影響評価結果  
(上図:30MHz~1000MHz, 下図:1GHz~6GHz)

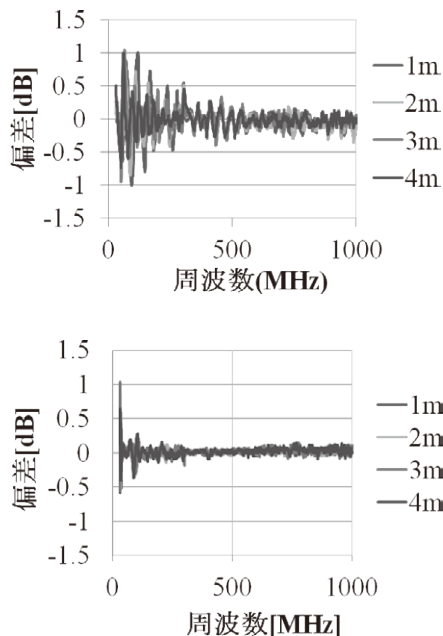


図10. 方法① 測定結果  
(上図:垂直偏波, 下図:水平偏波)

偏波とし、サブシステムのアンテナ高さは1m固定として測定を行った。

次に、②メインシステムのNSA評価位置に対するサブシステムの影響の測定結果を図11に示す。差分の最大値は1.27dBであった。規定された5箇所すべての位置において影響を受けており、この要因として、アンテナを移動することによるメイン・サブシステム間の距離の変化量が、影響を受けている30~300MHzの周波数の波長と比較すると、波長の方が十分長いいため、NSAに規定される配置の違いによる影響度に差がないと推測した。

最後に③メイン・サブシステム間の相対角度の影響の測定結果を図12に示す。運用時の配置より内側及び外側に

10°移動した際の結果は、おおよそ同等といえる。内側に20°移動した際に、運用時の配置より約1.5dB影響度が大きい。この結果より、極端に近接させない限り、影響度として大きく変わらないことがわかる。

以上の結果より、サブシステムを配置することでメインシステムに与える影響は、測定結果の差分の最大値1.27dBとなる。なお、この数値は、送信アンテナ及び受信アンテナの高さやアンテナの偏波などが、ある特定の条件で組み合わせられた場合の結果であるため、実際の測定結果の補正值として用いることはできない。

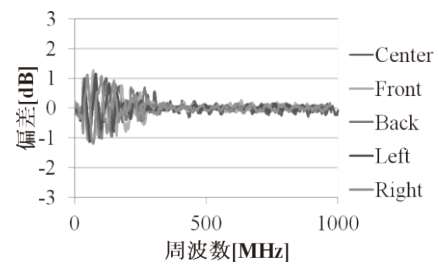


図11. 方法② 測定結果

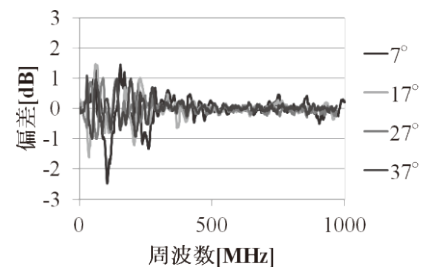


図12. 方法③ 測定結果

## 5. まとめ

多摩テクノプラザ EMC サイトの10m法電波暗室において、ISO17025取得に必要となる手順書の作成を行い、手順書に基づく測定から不確かさの要因の一つとなるNSA及びSVSWRの評価を行い、SVSWRに関しては、サイト内レイアウトの見直しを行うことで特性改善を行った。また、測定の高手法であるダブルマストを用いた際のマスト間の影響を測定したが、今後ダブルマスト法を用いた場合の不確かさの算出に向け、更に検討を加え課題を解決する必要がある。

(平成24年5月18日受付, 平成24年8月24日再受付)

## 文 献

- (1) 乗元直樹, 峯松育弥: 「CISPR/A/774/CDVに基づく1GHz以上の周波数領域におけるテストテーブルの影響に関する調査」, KEC情報, No. 213, pp. 40-46 (2010)