

論 文

放射妨害波測定における測定距離と電界強度の相関関係の模擬波源を用いた検討

松原 亮[†] 川畑 将人^{††} 石田 康弘^{††} 桑原 伸夫^{†a)}

Investigation of Relations between Measurement Distance and Electric Field Strength for Radiated Emission Test Using Artificial Radiation Source

Ryo MATSUBARA[†], Masato KAWABATA^{††}, Yasuhiro ISHIDA^{††},
and Nobuo KUWABARA^{†a)}

あらまし 電子機器から放射される電界強度は 10m または 3m の距離において規定されている。しかしながら、3m での試験結果と 10m の試験結果の間にはいつも相関関係が存在するとは限らないことが指摘されている。本論文では、放射電磁界の解析値を求めることが可能な模擬波源を用いて、理論解析、測定のみならず電界強度と測定距離の関係を検討している。検討の結果、10m の距離における電界強度を基準とした相対電界強度の 30MHz から 1000MHz の平均値は、水平偏波では距離の -1.17 乗に、垂直偏波では距離の -0.71 乗に比例し、標準偏差は 10m からの距離の比が大きくなるに従い増加し、3m の距離では水平偏波では 5dB、垂直偏波では 2dB となることが分かった。また、解析の結果、受信アンテナを変化させる高さを高くすることや受信アンテナを機器より等距離で変化させることにより距離依存性は改善でき、水平偏波では 2m の距離まではほぼ距離の -1 乗に比例することが分かった。垂直偏波では 5m 以内の距離において、近傍電磁界の影響が小さいにもかかわらず、電界強度は距離の -1 乗に比例しないことが分かった。

キーワード 放射エミッション試験, 模擬機器, モーメント法

1. ま え が き

近年、電気・電子機器から発生する電磁波により、放送受信波や他の機器への障害、誤作動が問題となっており、CISPR（国際無線障害特別委員会）で国際規格が作成され、多くの国で規制がなされている [1], [2]。また、国内においても電気用品安全法、VCCI（情報処理装置等電波障害自主規制協議会）等で規制が実施されている [3]。規制に対応するためには、機器から放射される電磁妨害波を測定する必要があり、通常 30~1000MHz の放射妨害波試験にはオープンサイト [1]、電波半無響室 [4] が使用され、機器より 3m ま

たは 10m 離れた位置での電界強度が規格により規定されている [1], [3], [5]。

現在、3m と 10m の距離の規格には、電界強度が距離に比例して減衰することを仮定して 10dB の差がつけられているが、同じ供試機器を 3m と 10m で測定してもこの関係が成り立たないことや [6]、サイトアッテネーション規格においても 3m と 10m ではこの関係は周波数によっては成り立たないことが指摘されている [7]。一方、測定設備の有効利用の観点からこの中間距離での測定が提案されている [8]。しかし、これまでの検討は放射パターンが複雑な PC (Personal Computer) 等の実際の機器を用いたものが多く [6]、3m と 10m の試験結果に相関関係が存在しないことについてその理由を検討したものはない。また、3m の距離での測定については小型の機器が対象といわれているが [3]、その理由について理論の面より検討したものはない。

3m の距離における測定は放射電界強度が強い、設備が小型で済む等の利点があり、3m の距離と 10m

[†]九州工業大学工学部電気工学科, 北九州市

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu Institute of Technology, Kitakyushu-shi, 804-8550 Japan

^{††}福岡県工業技術センター, 北九州市

Fukuoka Industrial Technology Center, Kitakyushu-shi, 807-0831 Japan

a) E-mail: kuwabara.nobuo@buddy.elcs.kyutech.ac.jp

の距離での測定結果の相関性の明確化や装置のサイズに対する定量的な評価が求められている。

本論文では、この問題を明らかにするため、放射電界特性を理論的に求めることができる模擬波源として模擬機器 [9] を用いて、放射妨害波試験場所（以下試験サイトと呼ぶ）における電界強度の距離依存性について検討を行っている。試験サイトの評価には、従来、ダイポールアンテナを使用したサイト減衰量 [10] が使用されてきている。しかし、アンテナの場合、機器に比べて寸法が大きく波源として実際的とはいえない。また、電磁波を放射するためには同軸ケーブルを用いて信号を供給する必要があるが、同軸ケーブルを含む解析は困難である。模擬機器は寸法が PC の筐体程度であり、同軸ケーブルの代わりに光ファイバで信号を送っているため、この種の目的には適している。

本検討では、まず、模擬波源からの電界強度を CISPR で規定されている方法で測定しその距離依存性を求めて、理論値と比較している。次に、理論解析を用いて、電界強度が距離に反比例しない原因及びその改善方法を検討している。最後に、機器の大きさと測定距離の関係について考察している。

2. 放射電磁界特性の検討方法

2.1 模擬機器の放射電磁界測定方法

図 1 に模擬機器の放射電磁界の測定系を示す。図に示すように、周囲に電磁波の反射物のない平らな金属製のグラウンドプレーン上に設置されたターンテーブル上に電子機器を配置し、規格により決められた距離（例えば 3 m, 10 m）で電界強度を測定する。その際、受信アンテナは地上高 1 m から 4 m まで変化させ、電界強度の最大値を測定して規格値と比較する [1], [3]。

本論文では、検討を大型電波半無響室（幅 15.0 m × 長さ 24.0 m × 高さ 9.2 m）で行った。本電波半無響室は 10 m の距離での放射妨害波試験用に設計されており、サイト減衰量の規格値からの誤差は 30~1000 MHz で ± 2 dB 以内である。波源は金属床面から高さ 90 cm の位置に配置し、受信アンテナからの距離を 2 m, 3 m, 5 m, 7 m, 10 m と変化させた。受信アンテナは測定周波数に合わせて、30~300 MHz の帯域ではバイコンカルアンテナ（Schwarzbeck 製）、300~1000 MHz の帯域ではログペリオディックアンテナ（Schwarzbeck 製）を使用した。またアンテナと同軸ケーブルの間には減衰器を挿入している。

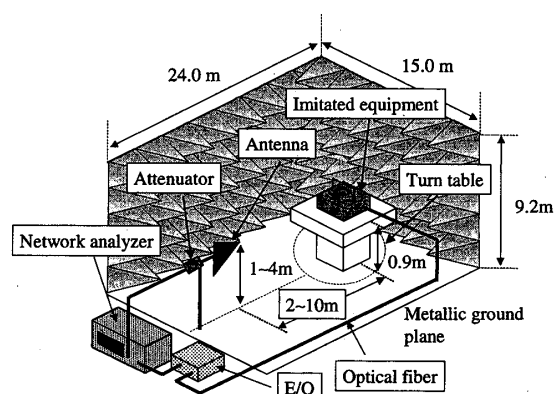


図 1 放射電界強度の測定系

Fig. 1 Experimental setup for measuring electric field strength.

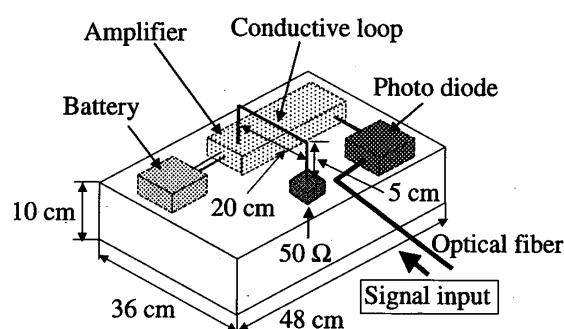


図 2 模擬機器の構成

Fig. 2 Configuration of imitated equipment.

2.2 模擬機器の構成

図 2 に模擬波源（Artificial radiation source）として使用した模擬機器 [7] の外観及び内部構成を示す。模擬機器は電子機器の筐体を模擬しており、480 mm × 360 mm × 100 mm の直方体で、上面には導体ループ（Conductive loop）がある。導体ループの形状は、図に示すように長さ 20 cm、高さ 5 cm であり、一方の端は 50 Ω で終端され、もう一方の端は O/E 変換器に接続されている。筐体は銅製で一種のシールドケースとなっており、内部に O/E 変換器とバッテリーを配置している。模擬機器の電源はリチウム電池（BP16-33, I-O DATA）であり、連続使用時間は約 10 時間である。

模擬機器から放射される電磁界はモーメント法（NEC-2）を用いて解析できる [11], [12]。本検討で使用した模擬機器の解析モデルを図 3 (a) に、導体ループ部を図 3 (b) に示す。筐体部分及び導体ループ部分は、各々微小ワイヤにより構成されており、筐体部分は半径 1.5 mm、長さ 2 cm のワイヤで 2568 分割されている。導体ループ部分は長さ 1 cm のワイヤで分割

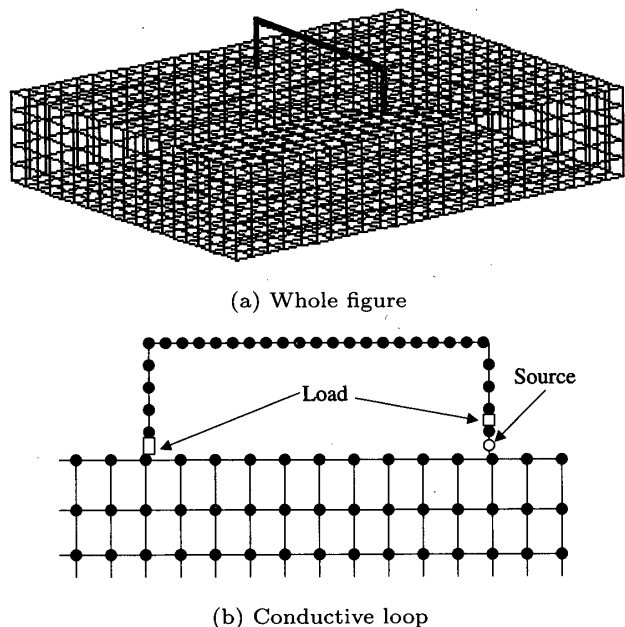


図3 模擬機器の解析モデル
Fig. 3 Calculation model of imitated equipment.

されている。信号源は導体ループと筐体を接続するワイヤに電圧源と 50Ω の抵抗を直列に挿入し、終端は信号源と反対側の接続部のワイヤに 50Ω の抵抗を挿入した。また、模擬機器の入力電圧を各周波数ごとに測定し、その値を解析における電圧源の振幅値として使用した。

2.3 指向性パターン

図4に、周波数 600 MHz における模擬機器の指向性パターンの解析値を示す。図4(a)に縦断面の指向性パターンを、図4(b)に水平面の指向性パターンを示す。ここで縦断面の指向性パターンは0度が上方向、水平面の指向性パターンは0度がアンテナ方向を示している。また図中において実線が水平偏波を、破線が垂直偏波を示す。

図4(a)より、水平偏波は無指向性、垂直偏波は0度と180度にヌルが現れる八の字指向性を示した。また図4(b)において水平偏波は90度と270度にヌルが現れる八の字指向性を示し、垂直偏波は無指向性を示した。したがって図4(b)の結果より今後の検討においては水平・垂直両偏波ともにほぼ最大値が得られる0度（模擬機器上の導体ループ面が偏波面に対して直交する位置）にターンテーブルを固定して検討を行った。

2.4 放射電磁界の距離依存性

図1に示す測定系を用いて模擬波源から放射される電磁界を測定した。測定にはネットワークアナライ

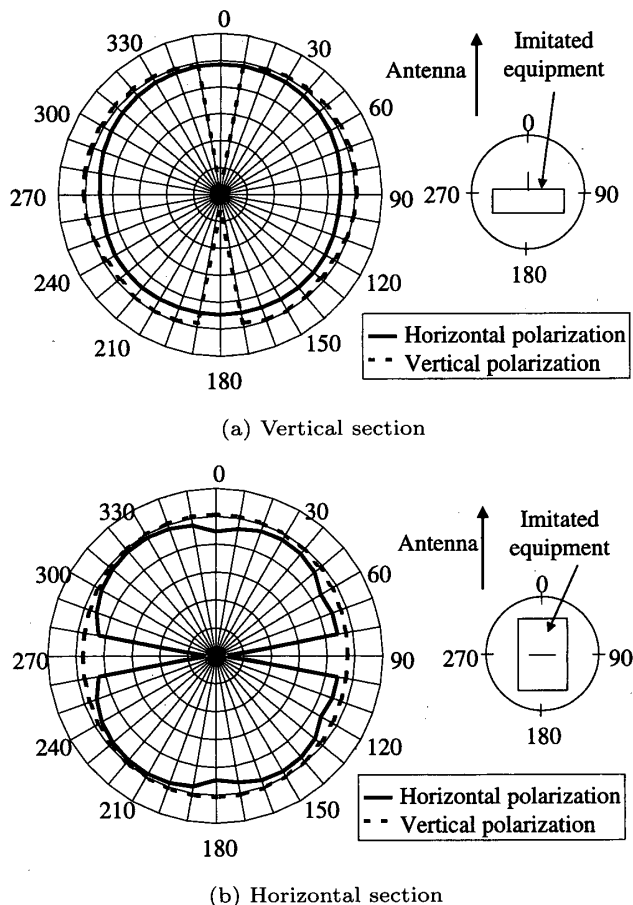
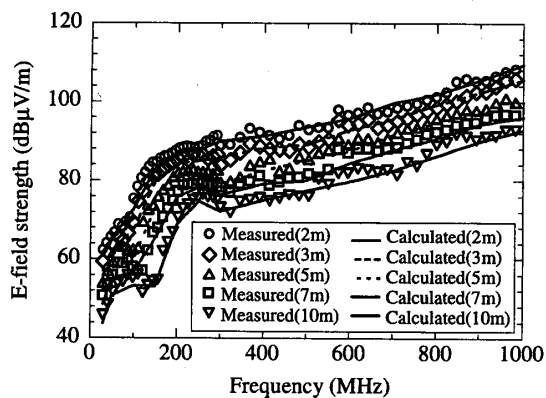


図4 模擬機器の指向性パターン
Fig. 4 Angle pattern of imitated equipment.

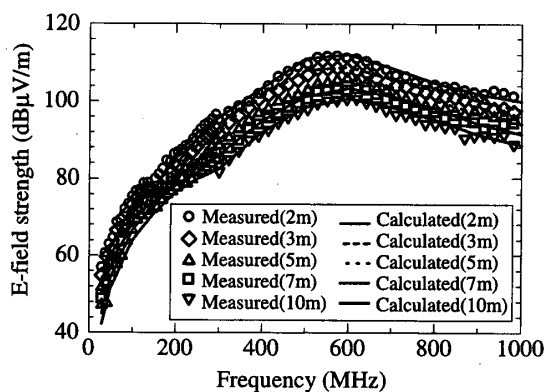
ザ (HP8753D) を用い、式(1)を用いて電界強度を求めた。

$$E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) = S_{21}(\text{dB}) + 107(\text{dB}) + P_0(\text{dBm}) + \text{AT} + \text{AF} + C_l \quad (1)$$

式(1)で S_{21} は測定値、 P_0 はネットワークアナライザの出力電力、AT は減衰器、AF はアンテナファクタ、 C_l はケーブルロスである。図5に周波数とアンテナ掃引高を 1m から 4m とした場合の最大電界強度の関係を示す。図中において○はアンテナ間距離 2m の測定値、◇はアンテナ間距離 3m の測定値、△はアンテナ間距離 5m の測定値、□はアンテナ間距離 7m の測定値、▽はアンテナ間距離 10m の測定値、実線、破線、点線、1点鎖線、2点鎖線は解析値を示している。図より、解析値と測定値はほぼ一致していることが分かる。解析値と測定値の偏差を表1に示す。表より、最大偏差は水平偏波では 2m から 10m の距離で 3.2dB 以内、垂直偏波では 4.9dB 以内である。サイト減衰量の許容偏差 [3] に比べると誤差が大きいが、



(a) Horizontal polarization



(b) Vertical polarization

図5 模擬機器より放射される電界強度の解析値と測定値
Fig. 5 Calculated and measured results of radiated electric field strength from imitated equipment.

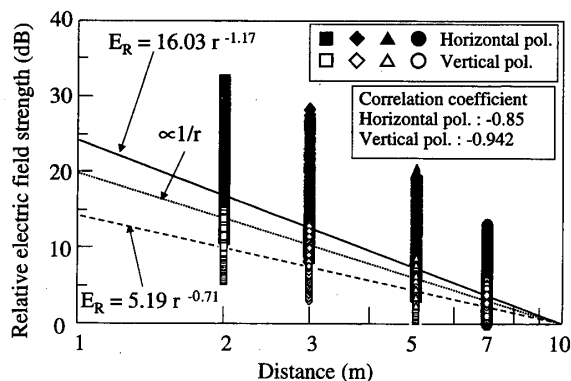
表1 放射電磁界の解析値と測定値の偏差

Table 1 Difference between calculated electric field strength and measured one.

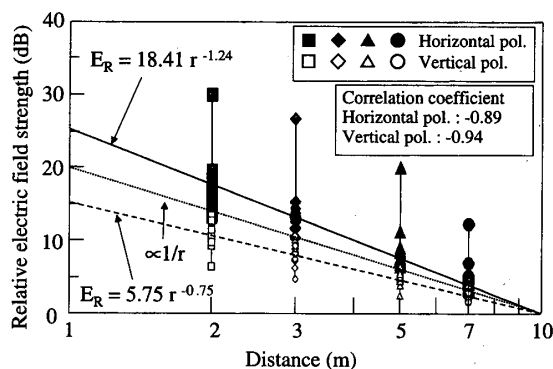
Polarization	Distance	2m	3m	5m	7m	10m
		Max	-2.3dB	-2.0dB	-2.5dB	-2.4dB
Horizontal	Standard deviation	1.2	0.96	1.00	1.00	1.07
	Max	-4.5dB	-1.5dB	-4.5dB	-2.4dB	-4.9dB
Vertical	Standard deviation	1.6	0.40	1.75	1.83	1.87

標準偏差は水平偏波では 1.2dB 以内, 垂直偏波では 1.9dB 以内であり, 解析結果を用いて距離依存性の検討を行うには十分な値である。

図6に10mの距離における電界を基準とした相対電界強度を示す。図6(a)は測定値で図6(b)が解析値を示している。測定値, 解析値ともほぼ同じ傾向を示しており, 解析により相関性の検討が可能であることが分かる。また, 図に示すように, 電界強度は距離に反比例して減少する傾向はあるが, $1/r$ (r : 波源とア



(a) Measured value



(b) Calculated value

図6 10mの距離における電界を基準とした相対電界強度
Fig. 6 Relative electric field strength normalized by the value at 10m.

ンテナの水平距離)には比例せず, 水平偏波では距離の -1.17 乗に垂直偏波では距離の -0.71 乗に比例している。相関係数は水平偏波については -0.85 で, 垂直偏波については -0.92 であり, 垂直偏波の方が水平偏波に比べて相関性が良い。

3. 測定距離依存性の検討

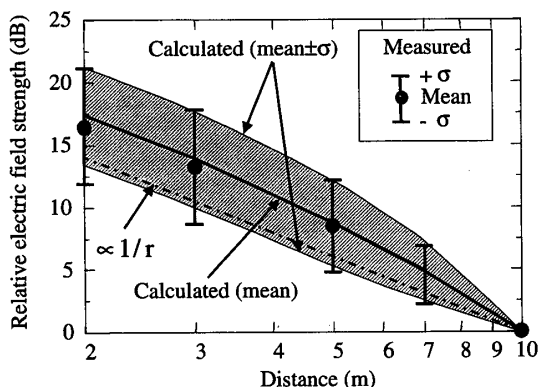
3.1 測定距離と放射電磁界の関係

放射電界の測定距離依存性は, 評価指標として, 式(2)に示す各周波数の10mの距離における電界を基準とした放射電界強度の偏差(相対電界強度)の平均値 A_v 及び式(3)に示す標準偏差 $S.D.$ を用いて検討を行った。

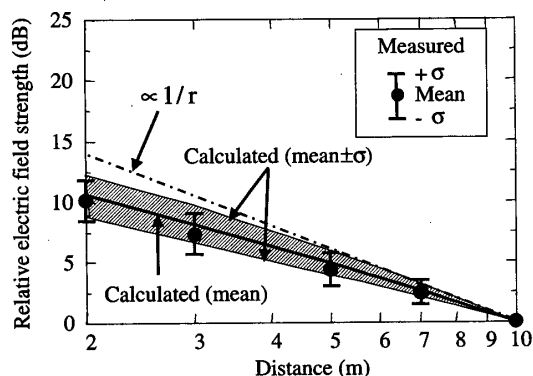
$$A_v = \frac{\sum_{e=1}^N (D_e - D_{es})}{N} \quad (2)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{e=1}^N (D_e - D_{es})^2 - A_v^2}{N - 1}} \quad (3)$$

式 (2), (3) で D_e は各周波数における電界強度 ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$), D_{es} は基準となる距離 (本論文では 10m) における電界強度 ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$), N は 30 MHz から 1000 MHz の周波数範囲における測定データ数である. 図 7 に相対電界強度と距離の関係を示す. 図中の●は測定による相対電界強度の平均値 (Mean) をバーは平均値 \pm 標準偏差 (σ) の範囲を, 実線は解析による相対電界強度の平均値を網掛け部分は平均値 \pm 標準偏差の範囲を示し, 1 点鎖線は電界強度が距離に反比例する場合の理論線を示している. 図より, 各距離における相対電界強度の標準偏差は距離の比が大きくなるに従い増加し, 3m の距離では水平偏波で 5dB, 垂直偏波で 2dB となる. また, 平均値は水平偏波, 垂直偏波とも理想的な距離依存性 (電界強度が $1/r$ に比例) の直線から外れており, 図 6 (a), (b) 同様に, 十分な相関性も理想的な距離依存性も得られていないことが分かる.



(a) Horizontal polarization



(b) Vertical polarization

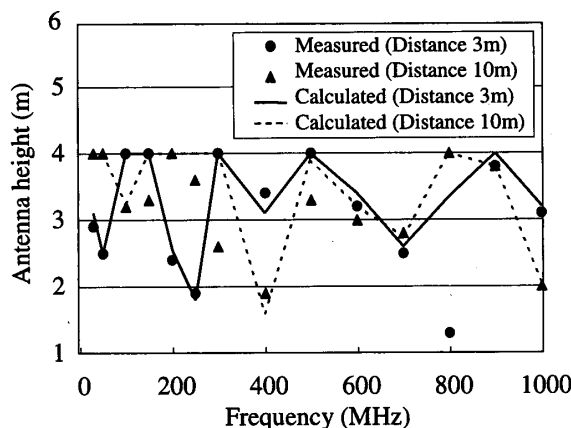
図 7 10m の距離における電界を基準とした相対電界強度と距離の関係

Fig. 7 Distance vs. relative electric field strength normalized by the value at 10m.

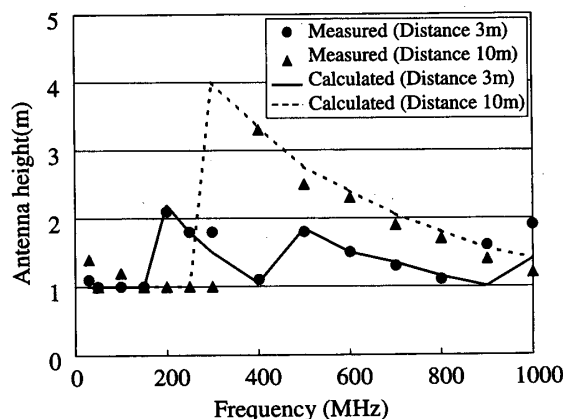
3.2 アンテナ掃引高の影響

前節で電界強度が距離に反比例しないことを述べたが, この理由として, 2.1 に述べたように, 放射妨害波の試験では受信アンテナの高さ変化範囲に制限があることが考えられる. そこで, 最大放射レベルの得られるアンテナ高について検討した.

図 8 にアンテナ掃引高を 1m から 4m とした場合の周波数と放射電界が最大となるアンテナ高の関係を示す. 図では距離 3m と 10m の場合について検討している. 図において, ●は距離 3m の測定値, ▲は距離 10m の測定値, 直線は距離 3m の解析値, 破線は距離 10m の解析値を示している. 図より, 測定値と解析値はほぼ一致していることが分かる. また, 垂直偏波の距離 3m の結果においてはアンテナ高 2m 付近までにおいて放射電界の最大値を得られているが, 水



(a) Horizontal polarization



(b) Vertical polarization

図 8 周波数と放射電界の最大値の得られるアンテナ高の関係 (アンテナ掃引高: 1~4m)

Fig. 8 Frequency dependence on the antenna height where the maximum radiated electric field is detected (antenna height: 1m to 4m).

平偏波の距離 3m, 10m 及び垂直偏波の距離 10m においては, 周波数によっては放射電界の最大値の得られるアンテナ高が 4m と掃引高の最大となっていることが分かる. このことは, 電界強度の最大となる高さが 4m 以上の位置にあることを意味している.

そこで, アンテナ掃引高を拡大した場合の周波数と放射電界が最大となるアンテナ高を検討した. なお, ここまでの検討により解析の有効性が明らかとなったため, 以後の検討は解析のみで行った.

図 9 にアンテナの掃引高を 20m まで上げたときの周波数と放射電界の最大値の得られるアンテナ高の関係を示す. 図において実線が距離 3m の解析結果, 破線が距離 10m の解析結果である. 図より水平偏波において, 距離 10m の場合はアンテナ高 4m では全帯域 (30~1000 MHz) で放射電界の最大値をとらえてないことが分かる. また距離 10m と 3m を比較すると 10m の方が放射電界の最大値をとらえるアンテナ高が高いことが分かる. 垂直偏波では距離 10m の 300 MHz 以外の全帯域でアンテナ高 4m 以下でも放射電界の最大値をとらえている.

次に図 10 に距離 10m の電界を基準とした相対電界強度を示す. ここでは, アンテナ掃引高を 4m, 6m, 8m, 10m, 20m と変化させた結果を示している. 図中において, ●, ○は受信アンテナの最大高が 4m, ▲, △は 6m, ■, □は 8m, ●, ▽は 10m, ◆, ◇は 20m の場合の平均値及び標準偏差を, 実線は $1/r$ の理論線を示している. 受信アンテナの最低地上高は 1m である. 図より, 水平偏波では, 受信アンテナ最

大高を 4m から 10m にすると偏差が 1.2~3.4dB 小さくなり, 電界強度の距離依存性も $1/r$ の理論線と 0.7dB 以内で一致していることが分かる. また, 受信アンテナの最大高を更に上げて 20m にすると偏差が 4m の場合と比べて 1.8~4.0dB 小さくなっていることが分かる. 垂直偏波については, 図 10 に示すように, 最大値はほぼ 6m 以内にあるので, アンテナ最大高を 6m 以上に上げて変化はなかった. このことより, 垂直偏波で電界強度の距離依存性が $1/r$ にならないのは別の原因によると考えられる.

3.3 アンテナを円弧掃引した場合の距離依存性

前節でアンテナの掃引高を上げることにより, 水平偏波では距離依存性が $1/r$ に近づき, 相関関係も強くなった. しかし, 垂直偏波についてはアンテナ掃引高を拡大させても距離依存性に変化はなかった. そこで, 電磁波は模擬波源から半球状に放射されていると仮定して, 受信アンテナを円弧掃引して, 距離依存性を検

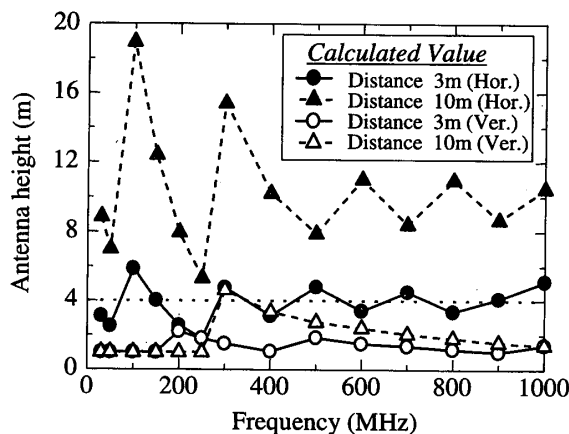
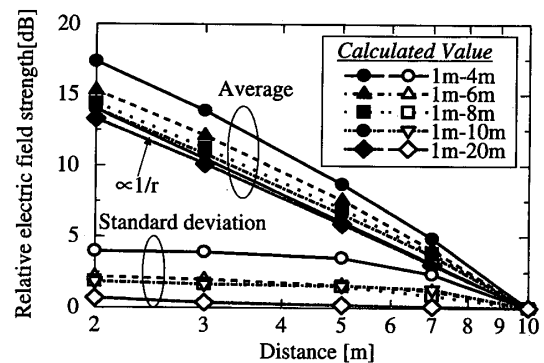
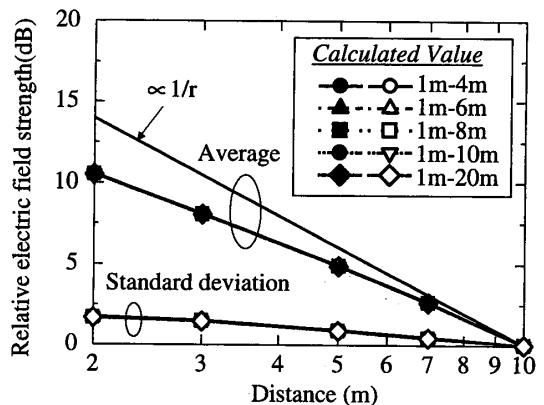


図 9 周波数と放射電界の最大値の得られるアンテナ高の関係 (アンテナ掃引高: 1~20 m)
Fig. 9 Frequency dependence on the antenna height where the maximum radiated electric field is detected (antenna height: 1 to 20 m).



(a) Horizontal polarization



(b) Vertical polarization

図 10 受信アンテナ掃引高変化による距離と相対電界強度の関係
Fig. 10 Distance vs. relative electric field strength normalized by the value at 10m when antenna sweep height is changed.

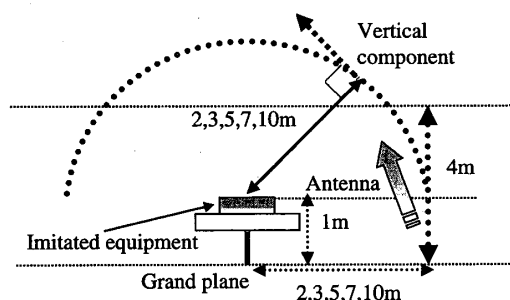
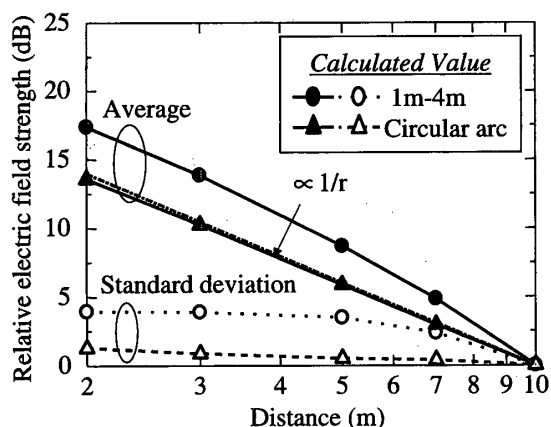
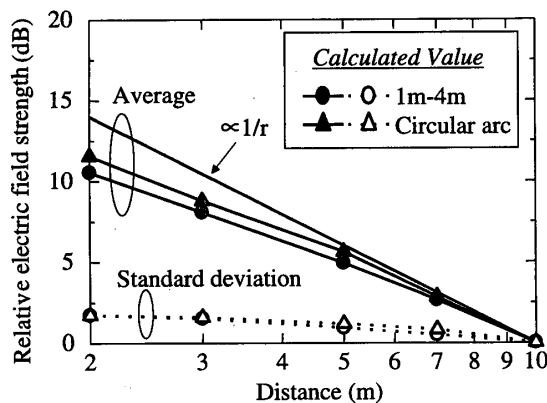


図 11 受信アンテナの円弧掃引モデル
Fig. 11 Circular arc sweep model of receiving antenna.



(a) Horizontal polarization



(b) Vertical polarization

図 12 円弧掃引による距離と相対電界強度の関係
Fig. 12 Distance vs. relative electric field strength normalized by the value at 10m when antenna sweeps along circular arc.

討した。検討モデルを図 11 に示す。図 11 に示すよう受信アンテナ距離を一定に保ち円弧を描くように掃引した。検討ではこの円弧の位置の電界を解析し、その水平成分及び、垂直偏波として円弧の接線方向成分を求めて、その距離依存性を評価した。

解析結果を図 12 に示す。図において、●、○は受

信アンテナを高さ 1~4m まで掃引した場合、▲、△は受信アンテナを円弧掃引した場合の平均値及び標準偏差を、実線は電界強度が $1/r$ に比例するとした理論線を示している。図より、水平偏波においては、円弧掃引により、偏差は 0.13~0.38 dB であり理論線とほぼ一致した。垂直偏波においてもアンテナを 1~4m まで掃引した結果と比較すると 0.16~1 dB 理論線に近づき、理論線との偏差は 0.15~2 dB となっている。

水平偏波において、解析値が理論線とほぼ一致したことは、直接波と反射波の経路差は電界強度の距離依存性に大きな影響を与えていないことを示している。また、図 10 (a) に示すようにアンテナを 1~20m 垂直走査した場合、水平偏波において、解析値と理論線がほぼ一致することは、波源から受信アンテナまでの距離の電界強度の(水平)距離依存性への影響は小さいことを意味している。

受信アンテナを円弧掃引することにより、垂直偏波においても $1/r'$ (r' :円弧の半径)に電界強度の距離依存性が近づいたが、水平偏波と比較すると依然差異が生じている。図 12 より、5m 以下の距離において $1/r'$ との差異が大きくなっていることから、近傍電磁界の影響が考えられる。そこで、近傍電磁界の影響を確認するために距離 2m, 3m, 5m の各掃引点において半径方向(進行方向)の電界強度成分を解析し接線方向成分との比較を行った。その結果、5m 以下の距離においても接線方向成分が支配的となり、近傍電磁界の影響は小さいことが分かった。また、同じモデルを用いて自由空間における距離依存性を解析した結果、水平偏波、垂直偏波ともに $1/r'$ の関係となることが分かった。

このことから、受信アンテナ高が変化したときの距離の影響や電界ベクトルの向きの影響は小さく垂直偏波における $1/r'$ との差異はグランドプレーンによる反射波の影響と考えられる。また、図 4 (a) より、縦断面で水平偏波はほぼ無指向性であるのに対し垂直偏波は八の字型の指向性をもつことから、模擬機器の指向性による直接波と反射波の利得の差、経路差、位相差などの要因が絡み合って図 12 (b) の結果が得られていると考えられるが、これらの解明については今後の課題である。

4. 模擬機器の位置変化の検討

放射妨害波の測定距離の課題の一つに供試機器の大きさと測定距離の関係がある。本章では模擬波源を用

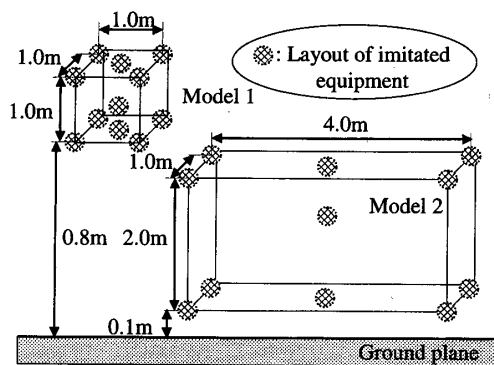


図 13 模擬波源を用いた供試機器モデル

Fig. 13 EUT (Equipment Under Test) model presented by artificial radiation source.

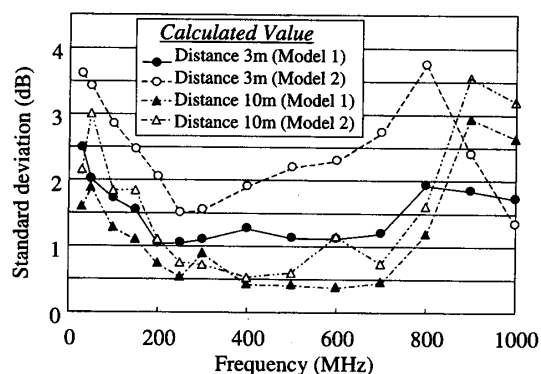


図 14 放射電界の標準偏差

Fig. 14 Standard deviation of the radiated E-field.

いて、機器の大きさと測定距離の関係について検討する。

図 13 に検討モデルを示す。妨害波波源探知の検討より、電子機器は複数の波源で表すことができると報告されているので [13]、本検討では、その最も厳しい例として機器の頂点 8 個所と上面と下面の計 10 個所に波源がある場合を考えた。また、機器の中央に偏差の基準とするために波源を一つおいた。機器の大きさとしては VCCI で 3m の距離での測定が可能な上限として考えられている 1 辺 1m の立方体 (以下モデル 1 と呼ぶ) [3] と大型機器として高さ 2m、幅 4m、奥行 1m の直方体 (以下モデル 2 と呼ぶ) を考えた。規格に従って、モデル 1 は高さ 0.8m の位置に置き、モデル 2 は高さ 0.1m の位置に配置している。

11 個所の位置での放射電界について、水平・垂直両偏波の放射電界の最大値の標準偏差を求めた結果を図 14 に示す。図中において●、○は距離 3m の結果、▲、△は距離 10m の結果を示す。図より、モデル 1 に比べてモデル 2 の方が偏差が大きく、それは距離が短い場合の方が顕著であることが分かる。

以上の結果より大型の供試機器の測定を行うときは、遠い距離で測定することが望ましいことが分かる。

5. むすび

本論文では、放射電界を理論的に求めることができる波源として模擬機器を用いて、放射電界の距離依存性について検討した。特性の良い大型電波暗室を用いて測定した電界強度の距離依存性は解析結果とほぼ一致しており、解析により距離依存性の検討が可能であることを示した。また、相関性の評価から、水平偏波、垂直偏波とも電界強度は $1/r$ (r : 波源と受信アンテナの水平距離) に比例せず、水平偏波では距離の -1.17 乗に垂直偏波では距離の -0.71 乗に比例すること、相関性はあるが十分ではなく、10m の距離における電界強度を基準とした相対電界強度の全帯域の標準偏差は距離の比が大きくなるに従い増加し、3m の距離で水平偏波では 5dB、垂直偏波では 2dB となることが分かった。

次に、解析により電界強度の距離依存性を検討した結果、以下のことが分かった。

(1) 水平偏波については電界強度が $1/r$ に比例しない原因は、実際の試験では受信アンテナを 1~4m で変化させている点にある。そして、受信アンテナの最大地上高を 8m 以上にするにより電界強度の距離依存性はほぼ $1/r$ で表される。更に、アンテナを波源より等距離になるように動かすことにより距離依存性は $1/r$ に更に近づく。

(2) 垂直偏波については、電界強度が $1/r$ に比例しない理由の一つは、受信アンテナを垂直に変化させるため、電界の円弧の接線成分をとらえていないためである。アンテナを波源から等距離になるように移動しその円弧の接線成分をとらえることにより、5m 以上の距離においては電界強度の距離依存性がアンテナを垂直に走査した場合に比べて若干改善され、ほぼ $1/r$ に近づく。しかし、5m 以内の距離においては近傍電磁界の影響が小さいにもかかわらず電界強度は $1/r$ に比例しない。この理由としては模擬波源の指向性の影響が考えられるが今後の検討課題である。

また、機器が複数の波源で模擬できると仮定をして、機器の大きさと測定距離の関係について検討を行った。その結果、距離 3m の方が 10m に比べて装置の大きさの影響を受けることが分かった。

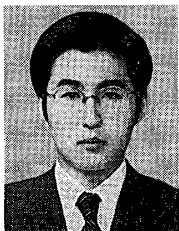
今後の課題としては、今回の検討結果を実際の電子機器に適用すること、今回の手法を試験サイトに関連に適用することが考えられる。

謝辞 貴重な助言を頂いた九州工業大学工学部桑原研究室各位に深く感謝致します。

文 献

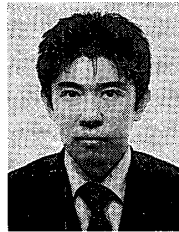
- [1] CISPR 16, "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods, Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus and Part 2: Methods of measurement of disturbance and immunity."
- [2] ANSI C63.4-1992, "American national standard for methods of measurement of radio-noise emission from low-voltage electrical and electronic equipment in the range of 9 kHz to 40 GHz."
- [3] <http://www.vcci.or.jp/>
- [4] 清水康敬, 杉浦 行, 電磁妨害波の基本と対策, 電子情報通信学会, 1995.
- [5] <http://www.fcc.gov/>, 2003.
- [6] 島の江博之, 宮田邦行, "3m法 10m法での放射雑音測定の相関性," 信学技報, EMCJ88-23, 1988.
- [7] A. Sugiura and M. Okamura, "Correction factors for the normalized site attenuation," EMC'89 Nagoya, pp.29-34, Sept. 1989.
- [8] CISPR/G/197/CDV, April 2001.
- [9] T. Nango, T. Kawashima, J. Ohwaki, and M. Tokuda, "New imitated equipment with optical powering system for evaluating anechoic chamber characteristics," IEEE 2001 International Symposium on EMC, vol.1, pp.274-279, Aug. 2001.
- [10] 赤尾保男, 環境電磁工学の基礎, 電子情報通信学会, 1991.
- [11] G.J. Burke and A.J. Poggio, Numerical Electromagnetics Code (NEC) Method of Moments, Part I-III, Lawrence Livermore Laboratory, 1981.
- [12] 斎藤宏隆, 大宮 学, 伊藤精彦, "携帯電話機放射指向特性の NEC2 による推定及び評価," 信学論 (B-II), vol.J78-B-II, no.7, pp.503-510, July 1995.
- [13] 寺師 弘, 田中 健, 石田康弘, 桑原伸夫, 徳田正満, "振幅情報のみを用いた電磁妨害波波源推定条件," 信学技報, EMCJ2002-102, Jan. 2003.

(平成 15 年 4 月 21 日受付, 9 月 22 日再受付)



松原 亮 (学生員)

平 13 九工大・工・電気卒。現在, 同大大学院修士課程在学中。プリント基板の電磁放射抑制対策に関する研究及び模擬機器を用いた放射電磁界の解析に関する研究に従事。



川畑 将人 (正員)

平 7 北大・工・電気卒。平 9 同大大学院修士課程了。同年川崎重工業(株)入社。平 14 福岡県工業技術センター機械電子研究所入所。以来, アンテナ, 電波無響室の評価に関する研究に従事。



石田 康弘 (正員)

昭 61 九大・工・電気卒。昭 63 同大大学院修士課程了。同年九州松下電器(株)入社。平 4 福岡県工業技術センター機械電子研究所入所。平 13 九工大大学院博士後期課程了。電子機器の EMC 関連測定, 妨害波低減法等の研究に従事。博士(工学)。IEEE

会員。



桑原 伸夫 (正員)

昭 50 静岡大・工・電子卒。昭 52 同大大学院修士課程了。同年日本電信電話公社(現, NTT)茨城電気通信研究所入所。以来, 通信システムの雷防護, 光ファイバの信頼性評価, 通信システムの EMI 評価, EMC における光計測技術等に関する研究・開発に従事。現在, 九工大・工・教授。博士(工学)。IEEE

会員。