

放射妨害波の GHz 超測定における Bore Sighting Method と その簡略化に関する検討

峯松 育弥 1)、堀内 達朗 1)2)、北田 浩志 1)3)、吉原 勝 1)4)、梶田 幸央 1)5)、
中村 哲也 1)6)、二宮 寿 2)、和田 修己 1)7)

- 1) (一社) KEC 関西電子工業振興センター EMC 研究会 〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台 3-2-2
2) ローランド(株) 〒431-2103 静岡県浜松市北区新都田 1-5-3
3) (株)村田製作所 〒226-0003 神奈川県横浜市緑区白山 1-18-1
4) (株)リケン環境システム 〒360-0031 埼玉県熊谷市末広 4-14-1
5) 北川工業(株) 〒480-0304 愛知県春日井市神屋町字引沢 1-27
6) (株)東陽テクニカ 〒103-8284 東京都中央区八重洲 1-1-6
7) 京都大学大学院 工学研究科電気工学専攻 〒615-8510 京都市西京区京都大学桂
E-mail: 1) minematsu@kec.jp

あらまし ANSI C63.4 2009「低電圧電気電子装置からの 9kHz から 40GHz の範囲の無線ノイズエミッション測定方法」では、1GHz 超の放射妨害電界強度測定を実施する際、測定に使用する受信アンテナを放射源に向ける必要があり、その方法として Bore Sighting Method が有用な手法と記載されている。本報告では、単純な発信源を用いた場合の、アンテナをチルトしない測定法と Bore Sighting Method による測定結果を比較するとともに、実機による評価実験結果を報告している。また、Bore Sighting Method を用いなくとも、アンテナ指向性の補正を行うことにより、Bore Sighting Method を用いた測定結果に対して概ね ± 3.0 dB で一致し、さらに実機のように複数の発信源が存在するような場合でも概ね一致する。受信アンテナのメインローブが比較的広い受信アンテナを使用し、アンテナ指向性の補正を行うことにより、Bore Sighting Method を用いることなく評価することが可能である。

キーワード ANSI C63.4-2009、放射妨害電界強度測定、Bore Sighting Method、受信アンテナの指向性

Bore Sighting Method and Its Simplification for Radiated Emission Measurement above 1 GHz Band

Ikuya Minematsu 1)、Tatsuro Horiuchi 1)2)、Hiroshi Kitada 1)3)、Masaru Yoshiwara 1)4)、Yukio Kajita 1)5)、
Tetuya Nakamura 1)6)、Hisashi Ninomiya 2)、Osami Wada 1)7)

- 1) KEC Kansai Electronic Industry Development Center 3-2-2 Hikari-dai, Seika-chou, Souraku-gun, 619-0237, Japan
2) Roland Corporation. 1-5-3 Shinmiyakoda, Kita-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka 431-2103, Japan
3) Murata Manufacturing Co., Ltd. 1-18-1, Hakusan Midori-ku, Yokohama-shi, 226-0006 Japan
4) RIKEN Environmental System Co., Ltd. 4-14-1 Suehiro, Kumagaya-shi, Saitama 360-0031, Japan
5) Kitgawa Industries Co., Ltd 1-27, Hikizawa, Kagiya-cho, Kasugai, Aichi 480-0304 Japan
6) TOYO Corporation 1-6, Yasue 1-chome, Chuo-ku Tokyo 103-8284, Japan
7) Kyoto University, Dept. of Electrical Eng., Kyoto Daigaku Katsura, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8510, Japan

Abstract: ANSI C63.4 2009 requires that the receiving antenna should be pointing at the source of emission when radiated emission is evaluated over 1 GHz. In this standard, this method is called the Bore Sighting Method. In this report, we compare results of the conventional method, in which the antenna is kept horizontal in any antenna height, and the Bore Sighting Method using the simple noise source and an actual EUT. And we propose a simplification with compensation to the conventional method with the directivity of the receiving antenna. The results with compensation are within 3 dB difference to the results using the Bore Sighting Method. Consequently we can evaluate radiated emission without using the Bore Sighting Method by compensating the antenna directivity when we use a receiving antenna of which the main lobe is relatively wide enough.

Keyword ANSI C63.4-2009, Radiated emission measurement, Bore Sighting Method, Receiving antenna directivity

1. はじめに

ANSI C63.4 2009^[1] では、1GHz 超の放射妨害電界強度測定を実施する際、測定に使用する受信アンテナを放射源に向ける必要があり、その方法として **Bore-Sighting Method**^[2] (以下、チルト法を称す) が有用な手法として記載されている。

しかし、この測定方法は、許容値に対して十分なマージンを有する供試装置であっても、受信アンテナの仰角制御が必要なため従来法と比べ時間がかかり、また新たに設備を追加導入する必要がある。そこで本報告では設備を追加することなく簡易的に可否を判断するための手法を検討することを目的とし、単純な発信源を用いた場合の、従来から規定されている測定法とチルト法による測定結果を比較するとともに、実機サンプルによる評価実験結果を報告している。

2. 従来法とチルト法

2.1 チルト法を用いない評価方法

従来評価方法では、使用する受信アンテナを正面方向にむけたまま、地上高さ 1.0m から 4.0m の間で高さ方向に受信アンテナを走査し、最大受信電界強度を得る。しかしながら使用する受信アンテナは一般的に周波数が数 GHz をこえるとビーム幅が狭くなり高さ方向に走査すると、ビーム幅が供試装置を包含しなくなり最大受信電界強度が得られないため、正しい評価が行えない可能性が高い。

2.2 チルト法を用いた評価方法

チルト法とは地上高さ 1.0m から 4.0m の間で受信アンテナを走査しても主ビームが供試装置を包含するように、受信アンテナが常に供試装置正面に向くようアンテナ仰角を制御する方法である。この方法では主ビームが放射源に向くことになるが、点波源でなく複数の波源の場合には、受信アンテナを供試装置に対して正面に向けても波源がビーム幅に包含されるとは限らず、受信アンテナのチルト角度を定めるのが難しいという問題点があるが、現時点では ANSI C63.4 においても明確にされていない。

3. 単純な放射源による評価

3.1 単純な放射源を用いた測定結果

単純な放射源として図 1 に示す出力特性を有するコムジェネレータに、図 2 の特性を示すスリーブアンテナを直接接続したものをを用いた。この単純な放射源を用いて、ANSI C63.4-2009 に準じた条件で水平・垂直に配置し測定を実施した。

評価を実施するにあたり表 1 に示す 4 通りの方法を実施した。その結果を図 3 から図 5 に示す。

結果からもわかる通り、従来方法では放射源に対して受信アンテナを常に正面に向け、主ビーム幅に入るよう制御していないために最大受信電界レベルは得られなかった。

一方チルト法は、地上高が高い場合でも受信アンテナの主ビームの中心が、必ず波源に向けられているため、図 4 の例のように 3.0m 付近の位置で最大放射レベルが得られた。

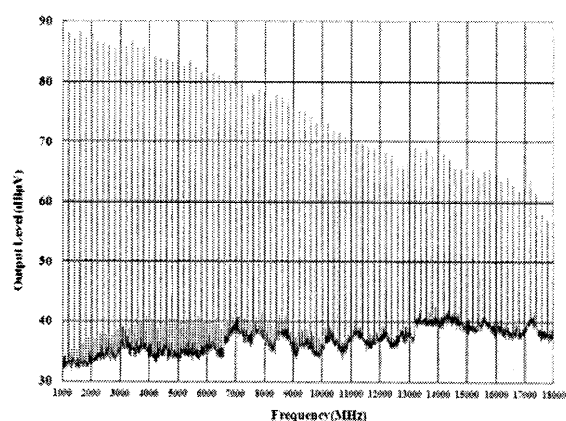


図1. コムジェネレータの出力特性

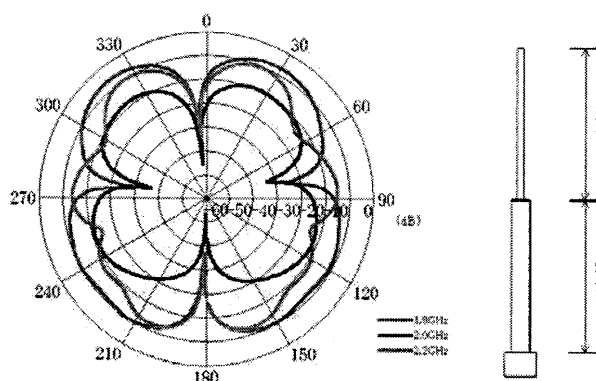


図2. 使用したスリーブアンテナの放射パターン(実測結果)

表1. 評価方法一覧

評価方法	評価手法
方法1: 従来評価方法	地上高さ1.0mから4.0mを走査。 (チルトを実施しない)
方法2: Bore-Sighting Method (チルト法)	地上高さ1.0mから4.0mを走査。 (仰角は受信アンテナの地上高さに応じて走査)
方法3: 角度ステップ 走査法	地上高さ1.0mから4.0mを走査。 (仰角を0度から45度まで5度ごとに 変化させ高さ方向を走査し、その最大 値を記録)
方法4: 角度補正法	方法1の測定値にEUT方向の仰角に 応じてアンテナ利得を補正。

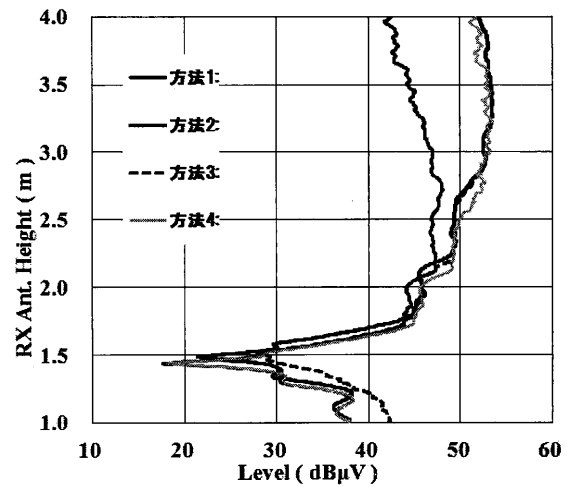


図5. 6GHz 垂直偏波における結果

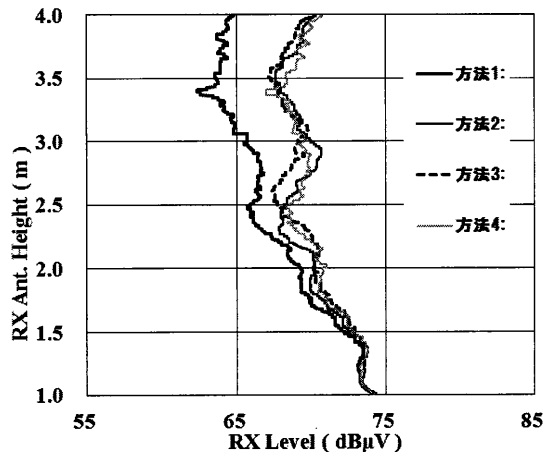


図3. 2GHz 水平偏波における結果

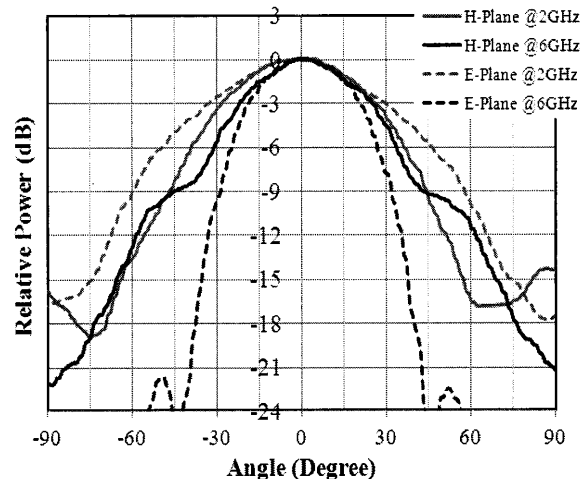


図6. 使用した受信アンテナの指向特性(実測値)

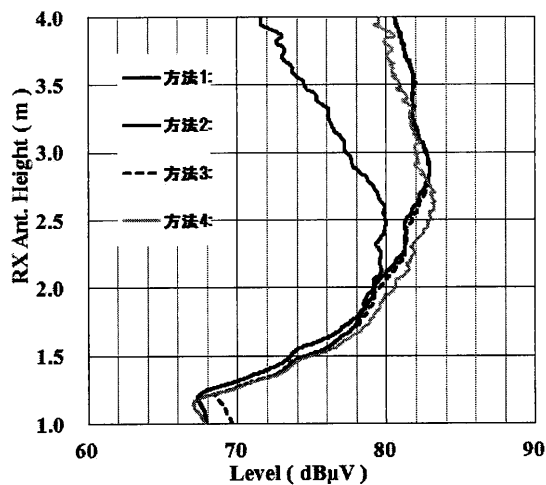


図4. 2GHz 垂直偏波における結果

3.2 受信アンテナの指向性補正に関する考察

放射源に対して受信アンテナを常に正面に向け主ビーム幅入るように測定することは、受信アンテナの地上高さにおけるEUT方向の仰角に対応して、受信アンテナの正面に対する指向性による利得の補正をすることと同等と考えることができるため、電界強度は、次の式(1)で表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{電界強度}(\text{dB}\mu\text{V} / \text{m}) = \\ \text{RxLevel}(\text{dB}\mu\text{V}) + F_A(\text{dB} / \text{m}) + \text{Dir.}(\text{dB}) \end{aligned}$$

…(1)

Rx Level : 受信器の指示値

F_A : 受信アンテナのアンテナ係数

Dir.: 受信アンテナの仰角方向の利得

単純な放射源を用いた実験では、図 6 に示す測定に使用した受信アンテナの角度ごとの相対利得を補正した(図 3～図 5 参照)。

結果からもわかる通り、測定をおこなった 2GHz と 6GHz 共にチルト法を用いなくても、最大受信電界強度は仰角に対応した指向性を補正することで $\pm 1.5\text{dB}$ 以内で一致しており、またハイトパターンも概ね一致している。

受信アンテナ地上高が 2.5m 以上になると差分が発生しているが、これは吸収体を敷設していない部分からの反射波やテストテーブルからの反射、電波暗室特性等の影響によって測定結果に大きな差異が生じていると考えられる。

これらの結果から、単純な放射源の場合、方法 1 に対して、使用した受信アンテナの利得を仰角に応じて補正することで、ANSI C63.4-2009 で規定されたチルト法を用いなくても、許容できる範囲内で最大受信レベル、ハイトパターン共に一致することが判り、測定結果に大きな差異は生じないと言える。

4. 実機による評価

4.1 評価に使用した実機について

単純な放射源を用いた場合、アンテナ部分からだけの放射となるが、実際のサンプルを用いた測定では放射源が単一であることは少なく、インタフェースケーブルや放熱スリットも放射源となり放射パターンは非常に複雑になる。

本研究では更に複雑な放射条件を模擬するため ANSI C63.4 2009 の配置条件に従い卓上装置と床置型装置の組合せた実機をサンプルとして準備し、単純な放射源による評価と同様に表 1 の条件で評価を行った。

4.2 実機による評価結果

卓上装置を配置するテストテーブルは放射結果に影響が表れないよう発泡スチロール製のテーブルを使用し、規格に従い供試装置システムを配置した。事前に放射レベルの高い雑音を選出し、1016MHz で評価を行った。その結果を図 7 と図 8 に示す。

図 7 から判るように実機による結果では、水平偏波で 1.5～2m と、3.1～3.5m 付近に、非常に鋭いヌル点が生じている。基準金属面上には、規格に定められてい

る通り吸収量が 20dB 以上の吸収体が敷設されており反射波は抑えられていると考えられる。このことから、複数存在する放射源からの干渉によって、複雑なハイトパターンが生じたと考えられる。

複雑な放射パターンが発生している条件下において、ヌル点付近を除きチルト法と角度補正法では $\pm 3.0\text{dB}$ で一致しており概ね最大受信レベルも一致している。角度補正を行った結果であってもハイトパターンの傾向は一致していることが判る。

また図 8 の同一周波数における垂直偏波に関して、放射源が単純な構造を示していると考えられ、最大受信レベルおよびハイトパターンは概ね一致している。

複雑な放射パターンが生じると考えられる実機においても $\pm 3.0\text{dB}$ で許容できる範囲内で一致する。このことから、受信アンテナの利得補正が 10dB 程度であり、従来測定方法において測定マージンが 10dB 程度あれば許容値を超過することなく評価可能であるため、従来からの手法に対し、使用している受信アンテナの角度補正を行うことにより、チルト法を用いることなく簡易的に評価を行うことが可能である。

ただし本評価を行った実機サンプルによる周波数帯域は 1.1GHz と比較的低い周波数であるため、使用した受信アンテナのビーム幅は高い周波数と比較して広い。受信アンテナが供試装置に対して正面を向いていない状態であっても、おおよそ最大受信電界強度が得られており、差分は大きく生じない事がわかる。

なお、単純な放射源で示した通り、受信アンテナのビーム幅がさらに狭くなる高い周波数帯域や、雑音の放射方向が正面方向ではなく、仰角を有していた場合、チルト法は、非常に有効であると言える。

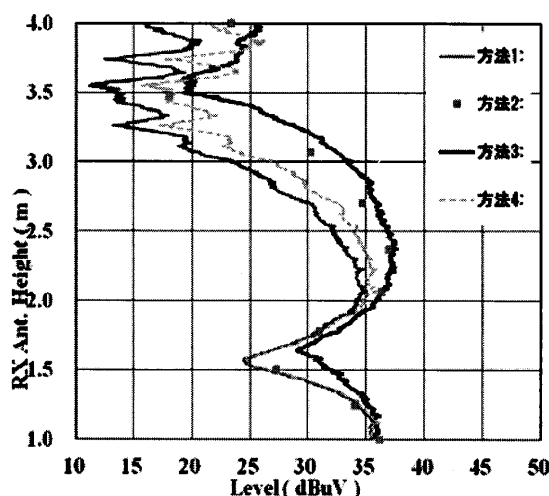


図 7. 1016MHz 水平偏波における結果

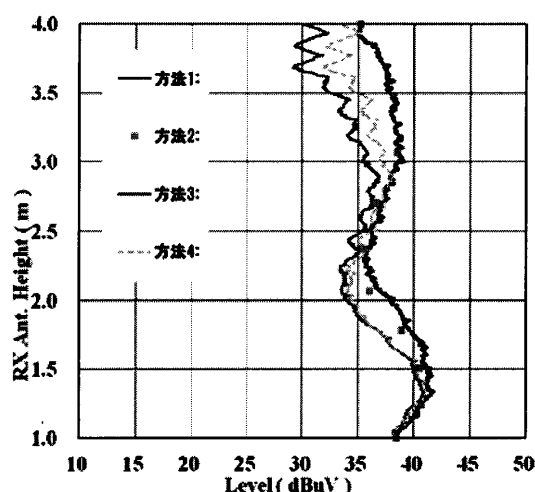


図 8. 1016MHz 垂直偏波における結果

5. まとめと考察

ANSI C63.4 2009「低電圧電気電子装置からの 9kHz から 40GHz の範囲の無線ノイズエミッション測定方法」で規定されている 1GHz 超の測定方法であるチルト法と、簡易的な手法として受信アンテナ正面に対する仰角方向の角度補正法を行い、以下の結果が得られた。

- (1) 単純な発信源を用いた測定結果では、国際規格 CISPR22^[3]で規定されている周波数帯域内である、2GHz と 6GHz の周波数で実験を行った。従来法で実施した結果に受信アンテナの仰角方向の利得を補正することに対しチルト法で得られた結果は $\pm 1.5\text{dB}$ 以内で一致し、ハイトパターンもほぼ一致していることから、簡易的な評価として用いることが可能である。
- (2) 実機サンプルを用いた測定結果では、チルト法で得られた結果に対し、従来法で実施した結果に受信アンテナの仰角方向の利得を補正することで $\pm 3.0\text{dB}$ 以内で一致した。複数の放射源を有している場合であっても、ハイトパターンに関して、ほぼ同様な傾向をしめすことから、簡易的な評価として用いることが出来る。

これらの結果から、受信アンテナのメインローブが比較的広いものを使用し、受信アンテナ正面に対する仰角方向の利得補正を行う角度補正法により、必ずしも

チルト法を用いることなく測定できるといえる。

6. 今後の予定

チルト法の有効性を確認するとともに、追加設備投資等を行わなくとも、条件として供試装置から放射される雑音レベルが許容値に対して一定のマージンを有しているのであれば、角度補正することで十分対応可能であることが判った。

ただし本研究では実機サンプルによる評価が 1GHz 付近でとどまっていることから、CISPR22 で規定されている上限周波数である 6GHz 付近での実機による評価が行えていない。実機サンプルによる評価結果を実施し、簡易的な評価で対応可能かどうかを確認する予定である。

また測定場所に対して ANSI C 63.4-2009 では、床面に 20dB 以上の吸収損を持つ吸収体最小 2.4m×2.4m の範囲に敷設するだけしか規定されていない。図 9 に示す通り、単純な放射源を用いた場合、ハイトパターンも受信レベルも大幅に変化することが分かった。吸収体を敷設する位置、量によって測定結果が変化していることから、相関性が維持できないことを意味している。

今後、実機サンプルによる高周波測定を実施するとともに、測定場の評価方法も検討する予定である。

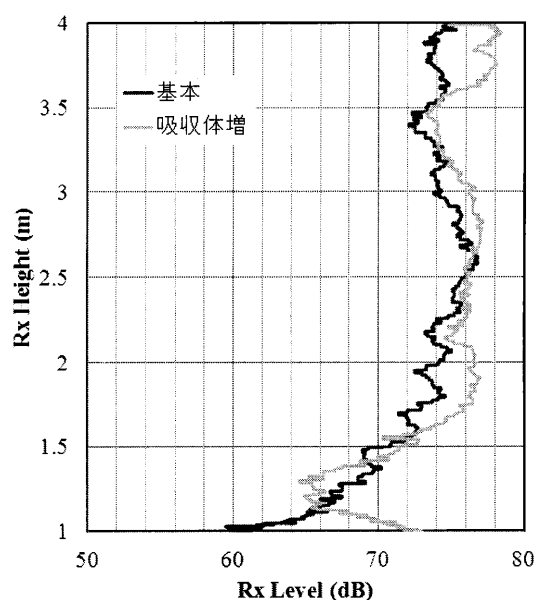


図 9. 6GHz 垂直偏波における吸収体敷設量による差分

謝辞

本研究は、一般社団法人 KEC 関西電子工業振興センター-EMC 研究会の活動の一環として行った実験である。

実験に協力頂いた研究会委員の方々ならびに御指導頂いた皆様に感謝致します

参考文献

- [1] ANSI C63.4-2009, “American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz (低電圧電気電子装置からの 9kHz から 40GHz の範囲の無線ノイズエミッション測定方法)”, Sep. 2009.
- [2] KDB746324 “Electric Field Radiated Emission Measurement above 1GHz - FCC Office of Engineering and Technology Laboratory Division -“, March 9, 2007”
- [3] CISPR22 Ed.6.0:2008 “Information technology equipment -Radio disturbance characteristics- Limits and methods of measurement “.