

論文

三次元小型アンテナの開発

山田万寿雄*¹⁾ 大森 学*²⁾

A non-directional EMI probe with three antenna elements

Masuo YAMADA and Manabu OHMORI

Abstract The extraneous emission from electric product is one of the most difficult problems. Generally, the noise measurement is very complicated, and a simple method is needed. From this background, the EMI(ElectroMagnetic Interference) probe has appeared for more easy examination of extraneous emissions. The EMI probe can examine where the emissions come from. Considering the noise measurement method, the way of bringing an EMI probe close to the noise source is very important, since the EMI probe has directivity. The EMI probe directivity may cause measurement errors. To solve this problem, we developed a non-directional small-sized antenna. This new antenna has three loop-antennas assembled at right angles to each other, and this antenna has a bulun to control the VSWR(Voltage Standing Wave Ratio) in the wide frequency range. This antenna can be used to find extraneous emissions from electric products. Also this antenna is more useful than the traditional EMI probe.

Keywords small-sized antenna, EMC, EMI, extraneous emission, EMI probe

1. はじめに

デジタル機器のクロックの高周波化などに伴い、電子機器の設計開発段階において非常に大きな障壁となり得る問題の一つに、電子機器からの不要輻射に関する問題が挙げられる。現在では新製品開発段階で避けては通れない課題となっている。

電子機器は不要輻射を発生させており、他の電子機器の動作状態に悪影響を与えてしまう可能性がある。このため、不要輻射の強さに関する規制値が定められている。不要輻射の強さが、ある一つの周波数だけで規格の規制値を超えていたとしても、その電子機器はその規格に不適合となる。通常はこの不要輻射の規制の他に雑音端子電圧の規制も加わって EMI 規制と呼ばれ、この規制をクリアする際、場合によっては困難を伴い、新製品開発の障壁となっている。

電子機器からの EMI 測定は規格で定められた測定場で行われ、その測定で規制値を超えていることが判明した場合には、当然そのノイズを抑制する為の対策が必要になる。ただし、EMI 測定を行える状態というのは、その電子機器はかなり完成に近い状態、あるいはメーカーとしては既に完成と考えていた状態であることが多い。そういった場合には複雑な要素が絡み合うことにより原因特定の難度が増し、改善の為に膨大な時間と費用と労

力が必要になる。これを避ける為に基板やモジュールごとに試作段階から規制で定められた測定場で測定する方法も考えられるが、測定場予約などの時間的ロスや高額な測定料金などのため現実的ではない。また、専用測定場を保有している場合でも、測定そのものが煩雑かつ大掛かりなものであり、どちらにしても試作段階から繰り返し測定するには不向きである。

このような事実を背景にして、EMI プローブと呼ばれるものが簡易的測定方法として登場した。これは非常に簡易的に使用できノイズ源の探索には有効な手法である。しかしながら、この方法はこのプローブ自体が指向性を持つ為、ノイズ源に対しどのように近づけるか、どのように測定するかによって、測定値が変化することになる。本研究では、EMI プローブの長所を残したまま、この問題を防ぐ為に 3 軸方向に感度を有する小型アンテナの開発を行なった。

2. 三次元小型アンテナ構成素子

2.1 素材、構成素子形状

三次元小型アンテナを構成するアンテナ素子を試作するにあたり、プリント基板上のループアンテナを基本構造とした。通常の不要輻射の規格は 30MHz ~ 1000MHz での規制であり、それを考慮に入れ今回のアンテナの使用予定周波数を 10MHz ~ 1000MHz に設定し、その基本形状は通常の EMI プローブと同様に微小ループアンテナ

*¹⁾ 電子技術グループ*²⁾ 城東地域中小企業振興センター

とした。今回のアンテナは半径が 15mm 程度であり、使用周波数範囲において微小ループアンテナとみなすことができる。

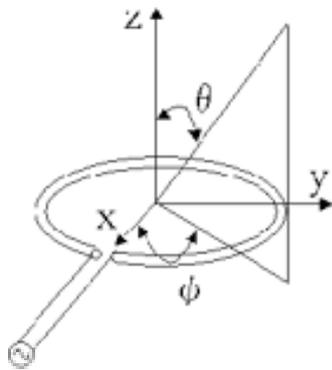


図1 微小ループアンテナ

微小ループアンテナの放射指向性は図1のように座標系を選ぶと、

$$E = \frac{120}{r^2} A I_0 \sin \theta$$

$$H = \frac{A I_0 \sin \theta}{r^2}$$

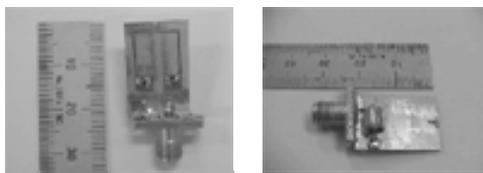
であり¹⁾、8の字の指向性を持つアンテナである。ここで、

rはループアンテナの半径、Aはループ

アンテナの面積、λは波長、I₀はループ上の電流の最大値である。上記の通り指向性を有するので、このままではノイズ源の方向を考慮して測定しなければならない。そこで、この微小ループアンテナを三次元小型アンテナの構成素子として使用し、複数個組み合わせる事により目標の達成を目指した。

2.2 構成素子基本構造

構成素子の基本構造として、(1)プリント基板上の微小ループアンテナ、(2)整合用抵抗、(3)電界成分抑制のためのシールド、(4)バランの4つを決定した。この基本構造をもとに試作したアンテナ構成素子を図2に示す。ループの面積を少しでも大きくし感度を向上させるため、円形でなく方形の微小ループアンテナを採用した²⁾。図2(a)、(b)はそれぞれ、構成素子の表からの写真と、裏からの写真である。図2(b)の円内が本研究で試作したバランである³⁾。



(a)表 (b)裏

図2 アンテナ構成素子



図3 三次元小型アンテナ

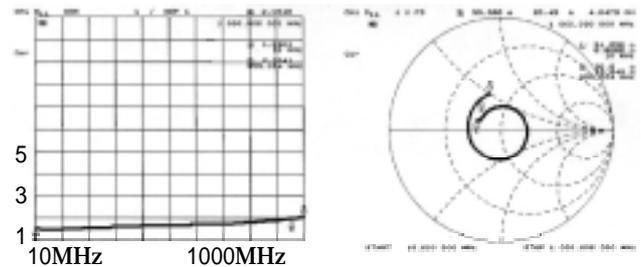
3. 三次元小型アンテナ

3.1 全体像

まず、完成したアンテナを図3に示す。2.3で述べたような構造を組み合わせ、X,Y,Z方向に感度を持つように作られている。

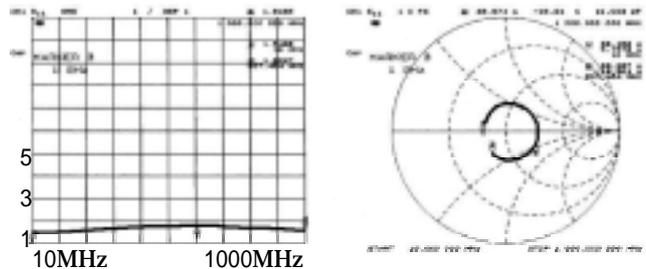
3.2 バラン

小型アンテナを開発するために、まず小型のバランを開発する事を試みた。そして、その製作した小型のバランをアンテナ構成素子にとりつけた時の周波数特性が図4である。フェライトを利用したシールド線を有する構造のバランで、可能な限り小型化したものである。図4(a)は定在波比、図4(b)はスミスチャートである。広帯域で定在波比2以下という設計目標を達成した。また、この製作したバランのサイズは高さ約3mm×外径約3mm(円柱状)であり、アンテナ全体の小型化を阻害していたバランのサイズを小型化することができた³⁾。



(a)定在波比 (b)スミスチャート

図4 バラン周波数特性



(a)定在波比 (b)スミスチャート

図5 三次元小型アンテナ周波数特性

3.3 周波数特性

開発した三次元小型アンテナの定在波比とスミスチャートをそれぞれ図5(a)、(b)に示す。10MHz ~ 1000MHz まですべての範囲において定在波比2以下を達成した。最も値が大きくなっている600MHz付近で、定在波比1.8程度であり、最も値が小さくなっている10MHz付近では定在波比1.5を達成している。広帯域で目標である定在波比2以下を達成しており、良好な特性を有している。

3.4 校正係数

今回の電磁波放出源の探索という目的では特に校正係

数を必要としないが、アンテナの特性を知る上で、アンテナの校正係数も導出した。その結果が図6である。

図6において、ストリップ基準(構成素子)とは、マイクロストリップ線路を電磁波の発生源とし、計算によって求めたマイクロストリップ線路から放出される電磁波の強度の理論値を基準として、図2のアンテナ構成素子の校正係数をもとめたものである⁴⁾。これに対し、市販アンテナ基準とは、マイクロストリップ線路からの電磁波を市販のアンテナで測定し、市販のアンテナの校正係数をもとにして、図2のアンテナ構成素子の校正係数を求めたものである。この両者は、ほぼ同じ値を示している。以上より、このマイクロストリップ線路からの電磁波を基準とする方法が、小型アンテナの校正係数を求める簡易的な方法として、問題なく使用できるものと判断した。

そして、マイクロストリップ線路からの電磁波の理論値をもとに、三次元小型アンテナの校正係数をもとめたものが、図6のストリップ基準(アンテナ)である。

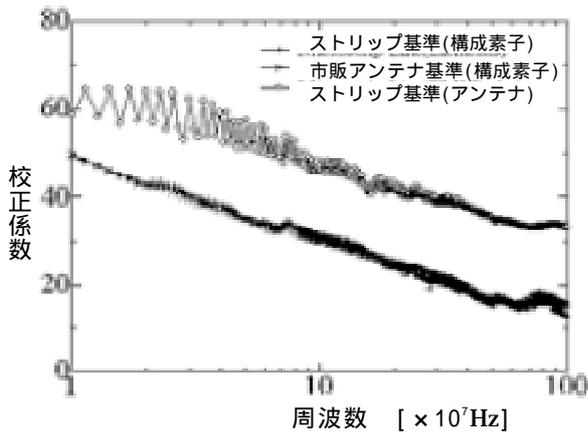


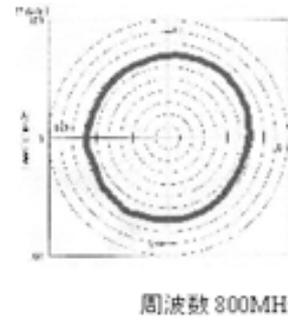
図6 校正係数

3.5 指向性

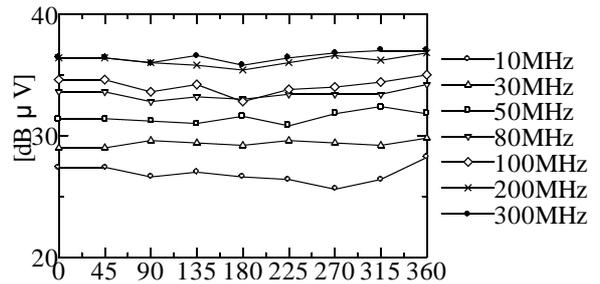
電波暗室における距離 1.5m での測定と、距離 30mm での近傍界での測定との2つの方法によって、製作したEMIプローブの指向性を測定した。距離 1.5m で測定したものが図7(a)であり、距離 30mm で測定したものが図7(b)である。測定の方法は、図7(d)に示すような方向である。どちらの図においても、ほぼ円形の指向性を得られており、目標を達成できている。

図7(c)は図7(d)における 方向における指向性を距離 30mm の距離から測定したものである。

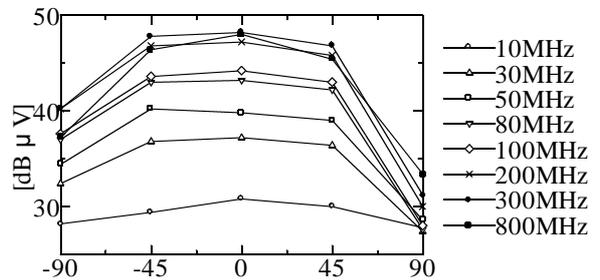
が ± 90 度方向では大きく特性が乱れてしまっているが、± 45 度では安定した特性となっており、実際に測定で使用する範囲も通常はこの程度であるため特に問題はないと判断している。



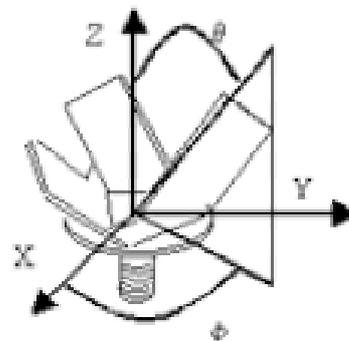
(a) 指向性その1



(b) 指向性その2



(c) 指向性その3



(d) 概念図

図7 EMIプローブ指向性

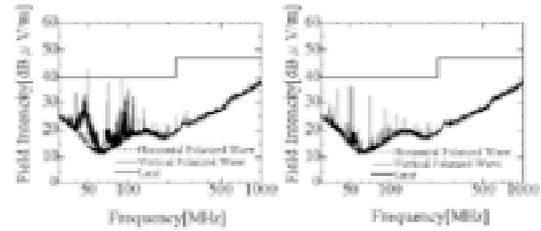
3.6 三次元小型アンテナによる実測データ

図8, 図9, 図10にPIC(Peripheral Interface Controller)を使用した電子回路からのノイズの測定結果を示す。

図8は, 三次元小型アンテナを使用して, 図9に示した各部分のノイズを測定したものである。これより, 各部よりノイズが発生していることがわかり, どこからのノイズが強いのかも知ることができる。

図10は同じ電子回路からのノイズの尖頭値を3m法の電波暗室で測定した結果であり, 階段状になっている実線はVCCI(情報処理装置等電波障害自主規制協議会)が設定している住宅環境で適用される規制値「class B」をあらわしている。この値は国際的な規格のCISPRのPub.22をもとにして設定されている。規格をクリアするためには, ノイズの準尖頭値がこの値以下になっている必要がある。ここで, 図10(a)は, この電子回路に対して対策などは施さない状態での3m法電波暗室での測定結果であり, 図10(b)は, 図8の50MHzでの測定データをもとにして, ノイズの放射源を発見し, 緑線, 橙線, 黄線, 電源のそれぞれにフェライトコアを取り付けた後に図10(a)と同様に3m法電波暗室で測定した結果である。

上記のような対策を施すことにより, 図10(b)に示すとおり, 50MHzのノイズを抑制できていることがわかる。



(a) (b)
図10 電波暗室での測定結果

4. むすび

EMI測定における, 簡易的測定手法のひとつとして, ノイズの発生源の形状, 方向等を特に気にする必要のない三次元小型アンテナの開発をおこなった。これは従来のEMIプローブよりも簡易的に測定を行うことができるものである。円形の指向性を得るため, 3つのエレメントを組み合わせ, 目標を達成した。また, 小型化のためにバランスを試作した。またこのEMIプローブを使用したEMI対策例を示した。

参考文献

- 1) John. D.Kraus: Antennas second edition, McGraw-Hill (1988).
- 2) J.D.Dyson: "Measurement of Near Fields of Antennas and Scatterers", IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol.AP-21, No.4, pp.446-460, July (1973).
- 3) 山田万寿雄 大森学 寺井幸雄 小林丈士 渡辺耕士 天早隆志: "小型アンテナの開発", 東京都立産業技術研究所研究報告, 第3号, pp.119-120, (2000).
- 4) 戸花照雄, 上芳夫: "有限なプリント回路基板の近傍磁界測定と簡便な放射界計算法", 信学論(B-II), Vol.J79-B-II, No.11, pp.812-818, Nov. (1996).

(原稿受付 平成13年7月31日)

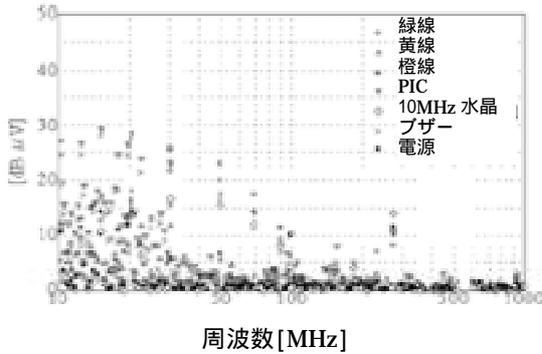


図8 測定結果

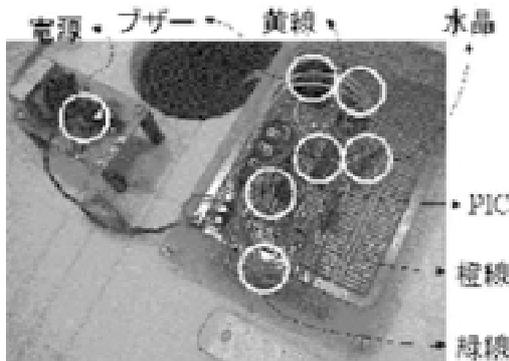


図9 測定箇所