

EMC対策用超微細解析評価システムの開発

尾前 宏*, 上園 剛*, 永吉弘己*

Development of Super-minute Analytical Evaluation System for EMC Measures

Hiroshi ONOMAE, Tuyoshi UEZONO and Hiromi NAGAYOSHI

高密度実装化の進む電子機器における電磁波問題に対応するため、電磁波の発生箇所や誤動作の原因となる箇所を高分解能で効率的に特定する解析システムを開発した。

開発したシステムは被試験体に対し、最小移動間隔10 μ mでプローブを正確に位置合わせ可能で、従来システムに対し電磁波印加領域が140分の1と大幅な微細化が図られるとともに、誤動作しやすい電気配線の向きの特定も可能となった。さらに、電子機器から放射される電磁波の強度分布と向きの可視化機能も追加し、電磁波発生源の特定も非常に容易になった。

Keyword : EMC, 誤動作, イミュニティ, 電磁界, 分布, 可視化

1. 緒言

電磁波による電子機器の誤動作は大きな社会的問題となっている。電磁波に対する電子機器の誤動作対策を支援するため、プリント基板のどの部分が誤動作しやすいのかを効率的に探し出すシステムを平成8年に開発、特許出願し、平成11年度に実用化した¹⁾。しかし、電子機器の小型化、高機能化に伴い、電子回路の高密度実装化が進むに従って従来システムの分解能では誤動作箇所を特定することが困難になってきた。そこで、この特許技術をもとに、高密度実装化の進む電子機器に対応したEMC対策用解析システムを開発することとした。

システムを開発するに当たっては、微細な領域に正確に電磁波を印加する技術の開発として、微小プローブの開発や正確な位置決め技術の開発を行った。また、作業性が高く、分かりやすい試験方法やソフトウェアの開発も行った。

2. 解析システムの概要

2.1 プリント基板のどこの部分が誤動作しやすいのか効率的に探し出す方法

従来、プリント基板のどこの部分が誤動作しやすいのかを探し出すには、小型の磁界プローブを用いて、プリント基板に対して局所的な電磁波を順々に場所を変えて印加し、誤動作しやすい場所を探していたが、プリント基板全体を試験するのにかなり時間を要していた。また、電磁波の印加回数も多くなるため、被試験体にダメージが蓄積され、試験途中で電子回路が破壊されてしまうといった問題もあった。

そこで、図1に示すように、電磁波を印加する範囲を、最初はプリント基板全体を大まかに区切る程度に分けて試

験し、誤動作しやすい領域を大まかに見つけ、その領域の中を9分割して、同じ試験を行い、さらにその中を9分割して再試験するという方法で試験することで、試験回数を大幅に軽減する手法により、プリント基板全体の誤動作状況を短時間で把握した上で、誤動作しやすい領域を細かい領域まで効率よく絞り込むことができる²⁾。

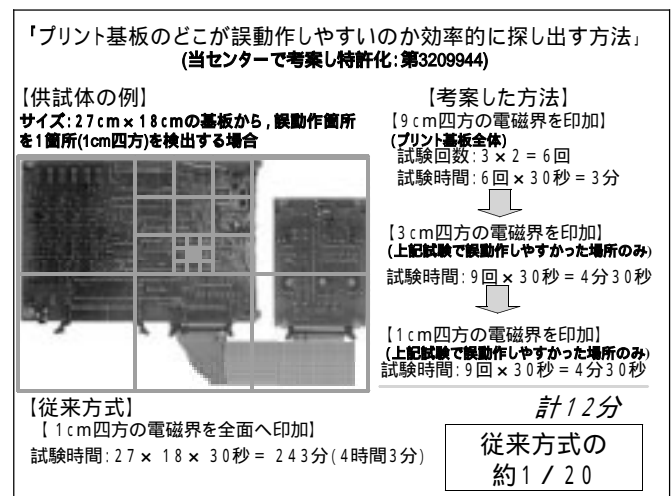


図1 考案した検出法

2.2 従来の解析システムの問題点

平成11年度に実用化したシステムは、図2に示すように、制御用コンピュータ、ノイズ発生器、XYステージで構成されていた。

このシステムの場合、被試験体をXYステージの亚克力天板上に設置し、亚克力板の下の空間をプローブでスキャンしながら電磁波を印加する機構であった。このため、被試験体とプローブとの隙間が比較的大きくなってしまい、電磁波を印加する領域の微細化が困難であった。

*電子部



図2 従来の解析システム
(左から制御用コンピュータ, ノイズ発生器, XYステージ)

2.3 開発したシステムの構成

そこで、今回開発したシステムは図3, 図4に示すように、精密XYZステージを用いて、被試験体に対して上空側からプローブを接近させる機構を採用した。被試験体をステージ天板上のY軸に取り付け、電磁波を印加するプローブと拡大観察用カメラは門型部分のXZ軸に取り付けられ運動して動く。

このステージは可動範囲がX:300mm, Y:300mm, Z:80mmで、最小移動間隔は10μmである。試験体の映像は拡大観察モ



図3 開発した解析システム
(左下から制御用PC, 精密XYZステージ, ノイズ発生器類)

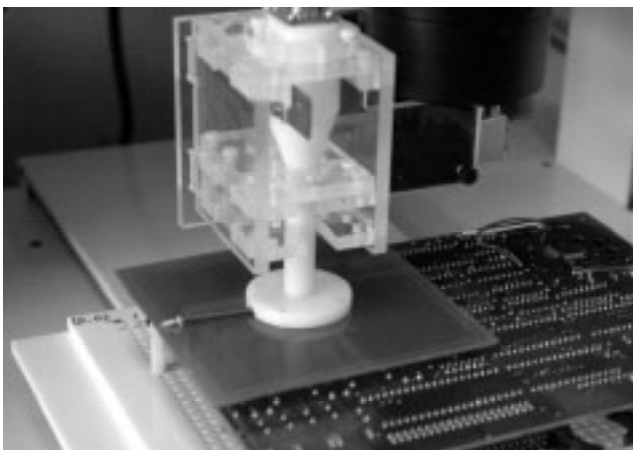


図4 電磁波を印加する部分の拡大写真

ニタで25倍~400倍で観察できる。その他、制御用コンピュータやノイズ発生器, 信号発生器などで構成されている。

2.4 制御ソフト

制御用ソフトウェアはMicrosoft社のVisualBasicで開発した。ステージ及びノイズ発生器類の制御を行い、被試験体の指定した位置に電磁波を印加させる。試験条件は図5に示すように、使用機器, 試験範囲, 印加条件などを指定する。試験結果は、図6に示すように被試験体の映像上に重ね表示する。



図5 試験条件設定画面

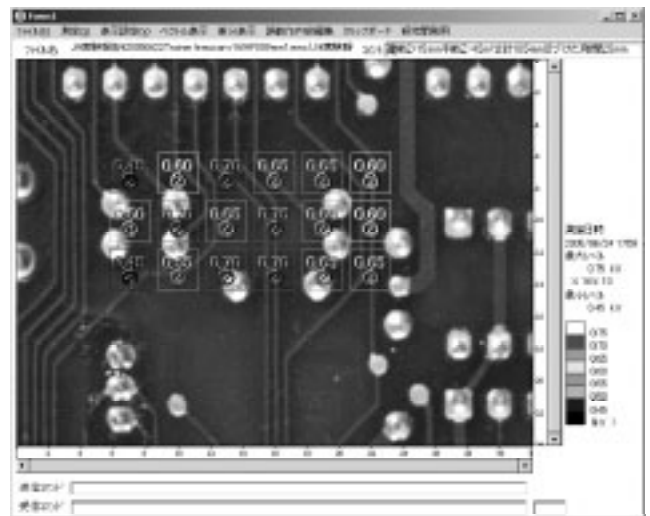


図6 試験結果を被試験体映像に重ね合わせた画面

2.5 使用プローブ

今回のシステムでは、図7に示すように、従来のシステム用に開発した各種プローブや市販プローブ、今回開発したプローブなどを、被試験体のサイズやプリント基板の形状に応じて使い分けできるようにした。

- ・従来システム用プローブ(1)(磁界用90,30,10mm 水平型)
- ・従来システム用プローブ(2)(電界用90,30,10mm 水平型)
- ・従来システム用プローブ(3)(A:磁界,B:磁界,C:電界)
- ・市販微小磁界プローブ(CP2S NEC製 垂直型)
- ・新規開発微小磁界プローブ(磁界用27,9,3,1mm 水平型)

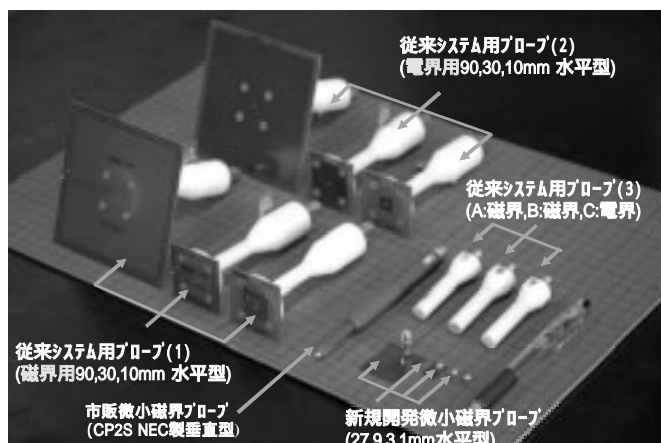


図7 使用するプローブ類

今回新たに開発したプローブは図8に示すように、高周波特性に優れ、微細加工が容易なフレキシブル基材を素材とし、磁界測定用として優れた構造といわれている3層シルデッドループ構造をしている。

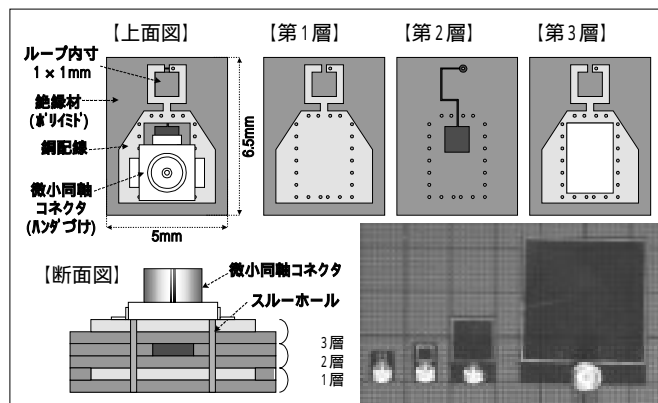


図8 新規開発したプローブ類

使用するプローブは大きく、水平型、垂直型の2種類で、水平型磁界プローブは、図8のように被試験体に対してループ開口面が水平に対向している。プローブと対向した領域に、局所的に強い電磁波を印加することを特徴としており、プローブのサイズを段階的に小さくすることで、電磁波の印加領域を絞り込むことに用いる。

それに対して垂直型磁界プローブは、被試験体に対し、ループ開口面が垂直に対向しているもので、電磁波の影響を受けやすい配線の向きを特定したり、隣接する複数の配線の中から電磁波の影響を受けやすい配線を特定する際に用いる。

上記の様々な形状のプローブをスムーズに交換するため図9のようなアクリル板を用いた固定ジグも開発した。

このプローブ保持具部分は、試験時に被試験体との隙間を微調整できるように、手動精密ステージを介して、精密XYZステージに取り付けられている。

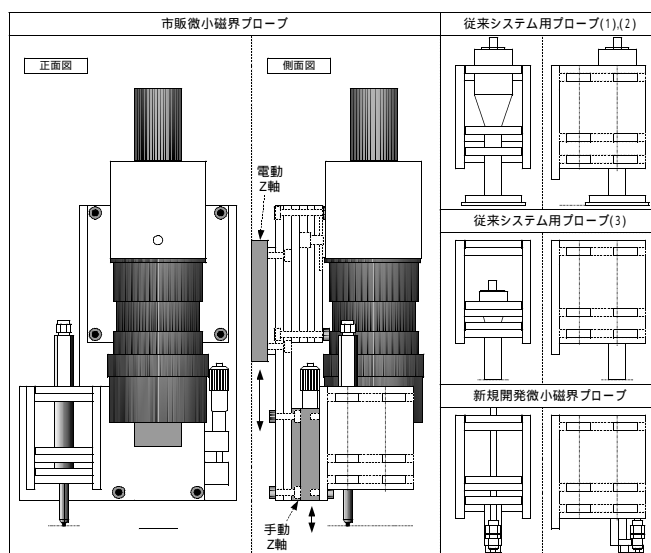


図9 プローブ固定ジグ

2.6 被試験体とプローブの正確な位置合わせ方法

位置合わせを行うに当たっては、図10に示すように、被試験体固定板の任意の場所に固定されたX軸方向とY軸方向に平行なL字状の基準電気配線と、印加プローブ、拡大観察用カメラを使って行う方法を考案した。

試験手順は、図11に示すように、まず最初に基準電気配線の真上にカメラが来るようにステージを操作し、次に、印加プローブが基準配線の真上になるようステージを操作する。この時の座標の差がカメラとプローブの位置の差(補正值)となる。プローブを位置合わせする時は、プローブからの電磁波を基準配線に接続された受信機で測定し、その受信レベルが最大になる場所に合わせる。この作業をX軸、Y軸について行うことで、カメラに対するプローブの補正值が明らかになる。

その後、被試験体をセットし、測定したい場所にカメラを位置合わせし、その後、先ほど得られた補正值を加えると、カメラで位置合わせした場所にプローブが位置合わせされるという仕組みで、ステージの最小移動間隔10 μ mで位置合わせが可能となった。

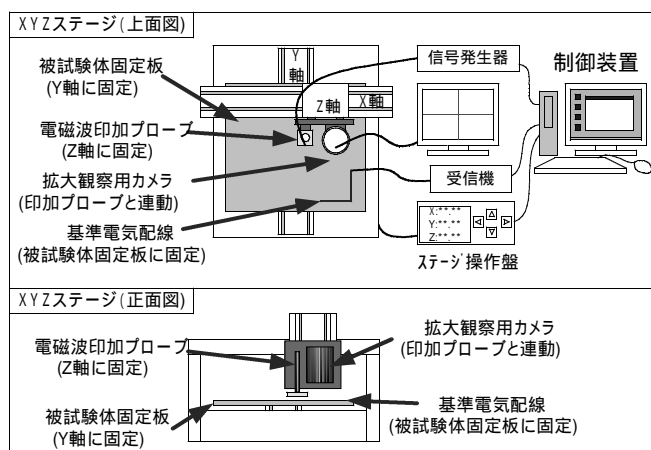


図10 プローブの位置合わせに必要な環境

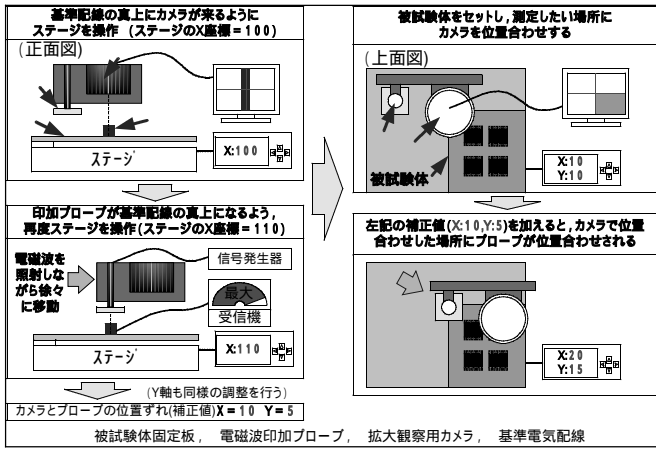


図11 プローブの位置合わせ手順

路での受信強度を測定した。主な実験条件は表2の通りである。

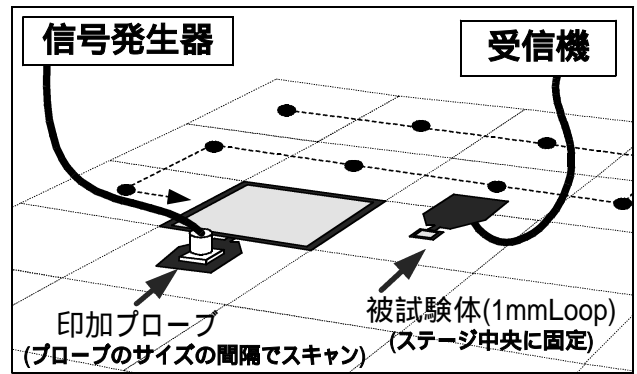


図13 評価範囲の絞り込み実験方法

表2 実験条件

使用機器	信号発生器: E8257D(Agilent Technologies) 受信機: R3261A (ADVANTEST)
印加条件	100MHz, 87dBuV, 正弦波
受信プローブ	新規開発磁界プローブ(1mm角)
印加プローブ	新規開発磁界プローブ(27mm, 9mm, 3mm, 1mm)
スキャン間隔	プローブサイズと同じ
送受信プローブの隙間	100 μm

3. 評価実験

3.1 従来システムとの性能比較

従来のシステムと開発したシステムとで、被試験体に照射される電磁波の領域がどれくらい向上するか確認するため、図12に示すように、新旧システムそれぞれの最小サイズのプロブから被試験体に印加される電磁波の強度分布を比較する実験を行った。主な実験条件は表1の通りである。

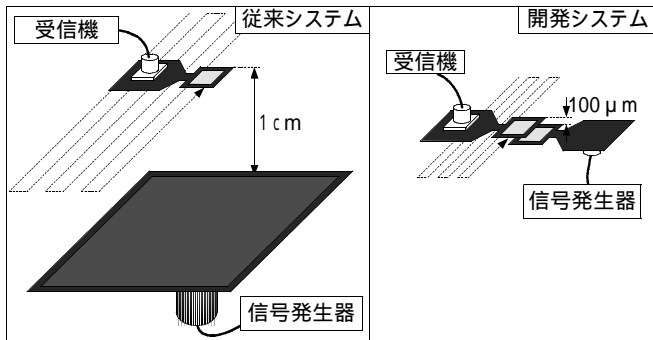


図12 従来システムとの性能比較実験方法

表1 実験条件

共通条件		
使用機器	信号発生器: E8257D(Agilent Technologies) 受信機: R3261A (ADVANTEST)	
印加条件	100MHz, 107dBuV, 正弦波	
受信プローブ	新規開発磁界プローブ(1mm角)	
個別条件		
	従来システム	開発システム
印加プローブ	1cm角磁界プローブ	新規開発1mm角磁界プローブ
スキャン間隔	1mm	1mm及び0.2mm
送受信プローブの隙間	1cm	100 μm

システム運用時の最小隙間

3.2 評価範囲の絞り込み実験

大きなサイズのプロブから段階的に被試験回路の場所を絞り込む実験を行った。この実験では、図13に示すように、ステージ中央に1mm角の受信回路を固定し、今回開発した磁界プローブをスキャンさせ、ステージ中央の受信回

3.3 垂直型磁界プローブの電磁波印加特性評価

垂直型磁界プローブを用いて、電磁波の影響を受けやすい電気配線を特定する実験を行った。

ここでは、図14に示すように、受信機に接続された電気配線を横切る直線上でプローブを移動させ、電気配線に誘起される電圧波形を測定した。主な実験条件は表3の通りである。

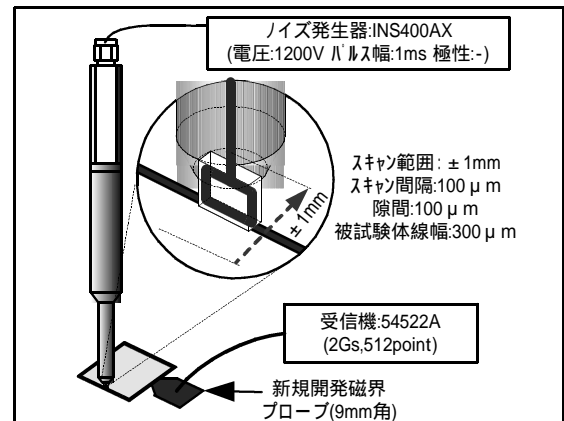


図14 垂直型磁界プローブによる電磁波印加特性の評価

表3 実験条件

使用機器	ノイズ発生器: INS400AX(ノイズ研究所) 受信機: デジタルオシロ 54522A (HP)
印加条件	設定電圧: 1200V, パルス幅: 1ms, 極性: -
受信条件	サンプリング: 2Gs, 512points
受信回路	新規開発磁界プローブ(9mm角)
印加プローブ	市販微小磁界プローブ(CP2S NEC製 垂直型)
スキャン範囲	被試験配線 ± 1mm
スキャン間隔	100 μm
送受信プローブの隙間	100 μm

3.4 近傍電磁界強度分布の可視化機能

電子機器から放射される電磁波強度分布の可視化機能の開発も行った。この機能は、垂直型磁界プローブの指向性を利用し、図15に示すように、被試験体に対してプローブの向きを4方向変えて測定し、強い電磁波の発生している方向を特定し、放射源となっている電気配線の向きや形状を可視化する機能である。

ここでは、市販されている電子機器のプリント基板に搭載されているLSI（図16）と今回開発した磁界プローブ（9mm角）を被試験体として、可視化の実験を行った。主な実験条件は表4の通りである。

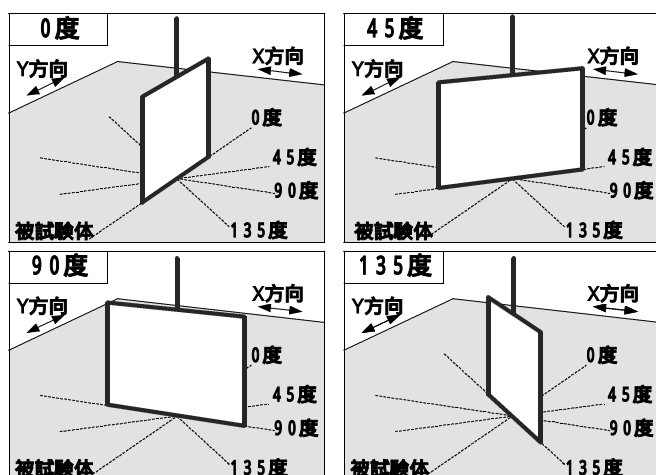


図15 垂直型プローブの指向性を利用した測定方法

表4 実験条件

使用機器	受信機:R3261A (ADVANTEST)	
受信プローブ	市販微小磁界プローブ(CP2S NEC製 垂直型)	
被試験体とプローブの隙間	100 μ m	
被試験体	市販電子機器用LSI	新規開発磁界プローブ(9mm角)
測定周波数	134.3MHz (クック高調波)	100MHz (信号発生器接続)
スキャン間隔	200 μ m	500 μ m

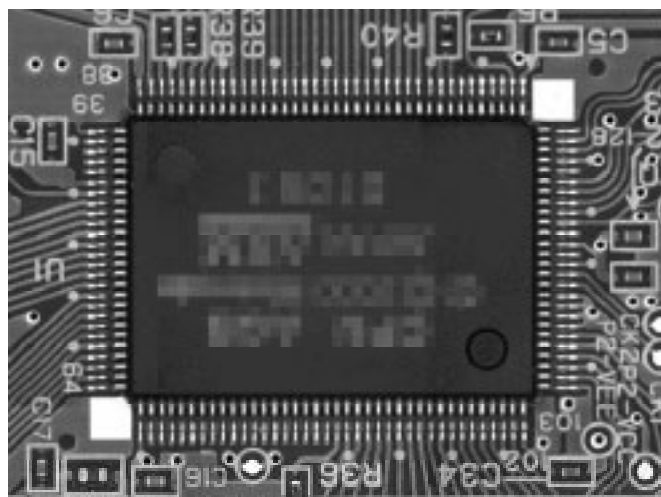


図16 被試験体（市販電子機器のLSI）

4. 結果と考察

4.1 従来システムとの性能比較

従来システムでの結果を図17に示す。図において、各座標ごとの受信結果は、電磁波の強度により色分けしており、画面中央の正方形は1cm角プローブのループ配線を示している。

従来システムの場合、プローブの部分を中心に電磁波の強い領域が広く存在しており、プローブの周辺部分にも弱い照射が見受けられている。それに対し、今回開発したシステムの場合、図18に示すように、プローブのループ内部だけに強い放射が見られることが確認された。

図19は、図17、図18のプローブ中心線を横方向に輪切りにしたグラフで縦軸は受信強度を示している。

今回開発したシステムの方が、被試験体への印加強度が約15dB向上し、強い電磁波が照射される目安として、最大受信レベルから-6dBまでの範囲を調べた結果、従来約14mmのものが約1.2mmの範囲となり、面積的には従来に比べて約140分の1に向上していることを確認した。

4.2 評価範囲の絞り込み実験結果

図20に示すように、いずれのプローブの場合も、被試験体上に印加プローブが存在するときに、強い電磁波が被試験体に誘起されており、その領域を、再分割して試験していくことで、被試験体の場所を絞り込めることを確認した。

4.3 垂直型磁界プローブの電磁波印加特性評価結果

プローブが被電気配線の真上に存在するとき、被電気配線に誘起されるピーク電圧は、ノイズ発生器の設定電圧にほぼ比例して上昇し、設定電圧が1200Vの場合、図21に示すように、ピーク電圧が約7Vとなり、電子機器が誤動作する電圧を誘起可能であることを確認した。

また、ノイズ発生器の設定電圧が1200Vの状態では、被試験配線を横切る直線上の各座標での誘起ピーク電圧を測定した結果、図22に示すように、被試験配線真上にプローブが存在する場合が最大で、被試験配線からのズレが大きくなると誘起ピーク電圧が急速に低下していることから、電磁波に弱い電気配線の特定が可能であることを確認した。

4.4 近傍電磁界強度分布の可視化機能の評価結果

市販の電子機器のLSIを対象に、プローブの向きを変えて測定した4つのデータをもとに、測定値が最大だった向きを縦横斜めの線で表現した結果を図23に示す。この結果からLSI内部において、強い電磁波を出している配線の位置や向きの様子が可視化された。

また、新規開発した9mm角磁界プローブの電磁波放射分布を図24に示す。線の向きが電気配線の向きと一致しており、ベクトル表現することで、被試験配線の位置や向きを特定できることを確認した。

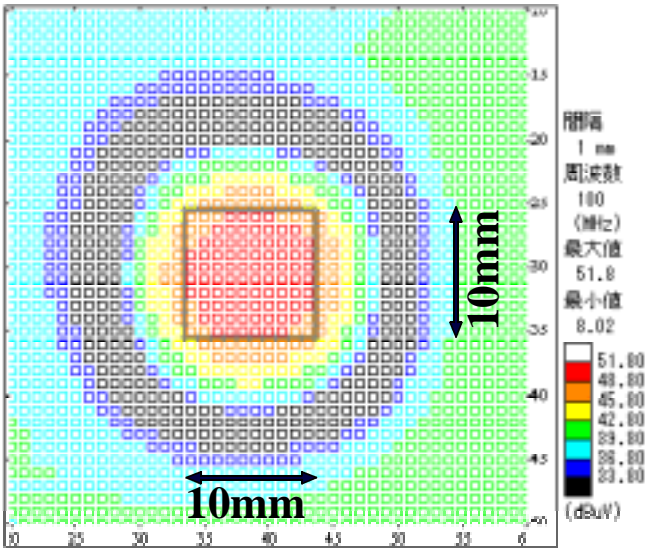


図17 従来システムの評価結果(測定間隔:1mm)

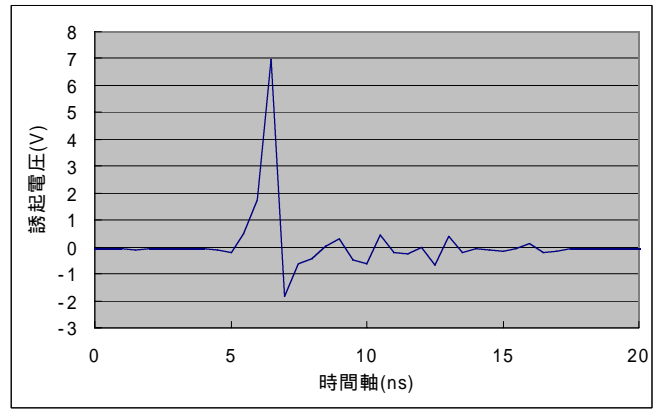


図21 被試験回路真上における被試験体への誘起電圧

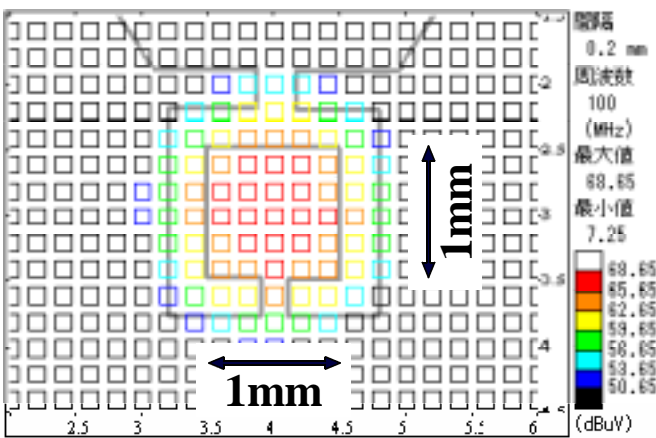


図18 開発システムの評価結果(測定間隔:0.2mm)

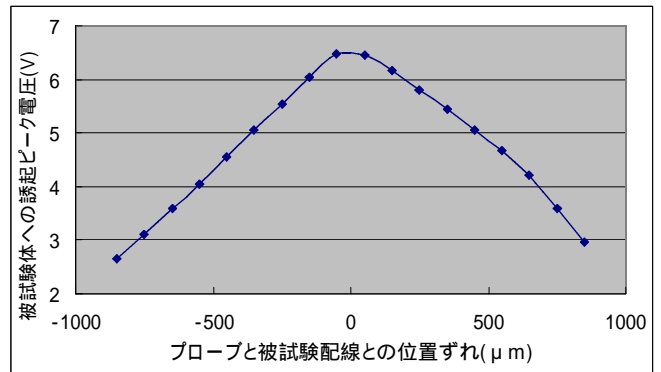


図22 プローブの位置と被試験体へのピーク誘起電圧

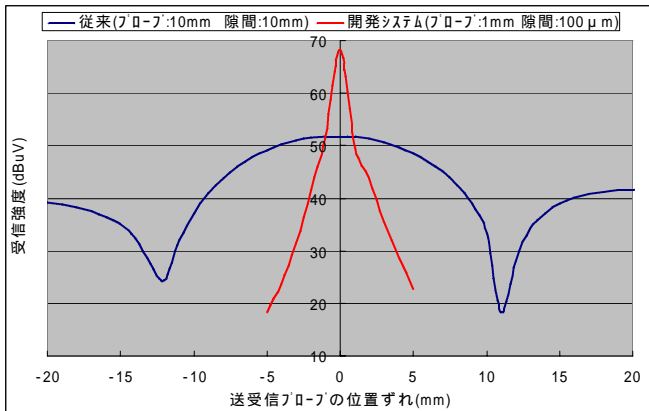


図19 プローブ中央線上の受信強度

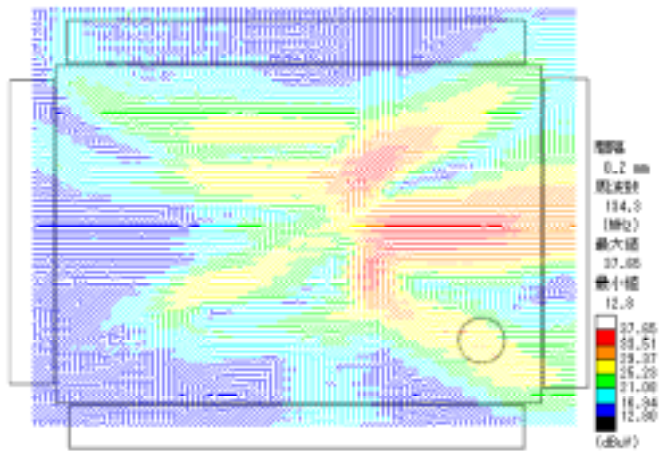


図23 ベクトル表示した近傍電磁界分布

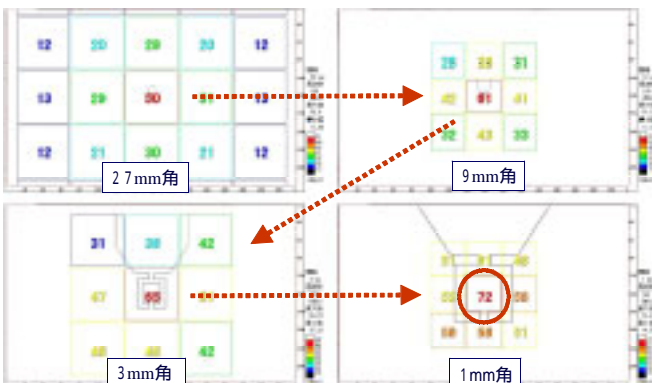


図20 新規開発した各プローブでの絞り込み試験結果

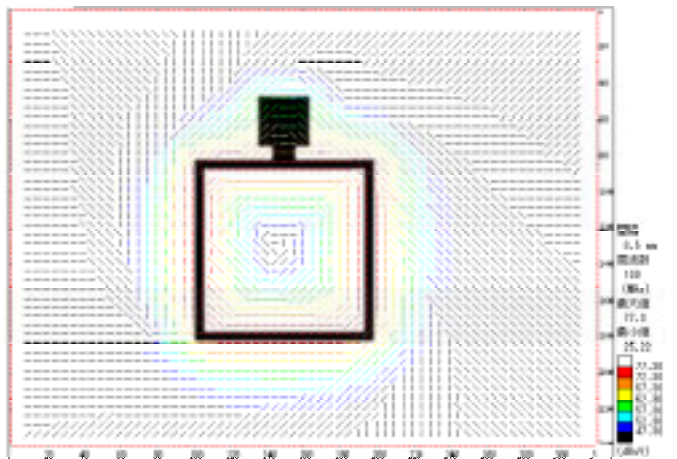


図24 開発した9mm角プローブからの近傍電磁界分布

5. 結言

- (1)高精度ステージ，拡大観察カメラ，基準電気配線を用いて調整することで，最小移動間隔 $10\mu\text{m}$ でプローブを被試験体に対して正確に位置合わせ可能になった。
- (2)被試験体に対するプローブの位置決め機構の工夫や微小プローブの開発により，従来システムに対し，電磁波印加領域が140分の1となり，大幅な微細化が図られた。
- (3)90mm～1mm角の水平型プローブが使用可能となり，様々な大きさの試験体に柔軟に対応可能となった。
- (4)垂直型プローブの使用が可能となり，誤動作しやすい電気配線の位置や向きを特定可能となった。
- (5)電子機器から放射される電磁波の強度分布と向きの可視化が可能となり，電磁波発生源の特定が非常に容易になった。

以上のような優れた特徴を有する解析システムを開発す

ることができた。今後は，県内企業からの技術相談などへの対応や，技術移転などを図る予定である。

謝 辞

研究を進めるに当たり，微小磁界プローブの開発における電磁界シミュレーションについて，(株)MELの小川隆博氏及び，宮崎県工業技術センター機械電子・デザイン部の小田誠氏にご指導いただいた。ここに心から感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1)尾前宏：鹿児島県工業技術センター研究報告，10,65 (1996)
- 2)尾前宏，長澤庸二：特許 第3209944号 (2001)