

電子機器のノイズ対策技術に関する研究

— プリント基板ノイズ解析システムの開発 —

電子部 尾前 宏

Study on EMI Consideration for Electronic Devices

Hiroshi ONOMAE

電子機器のプリント基板から放射される電磁ノイズの強度分布を視覚化することによってノイズの発生源を明確にし、対策を支援するためのシステムを開発した。

本システムは、微小ループアンテナをXY方向にスキャンさせ、プリント基板近傍の各座標におけるノイズレベルを測定し、その強弱により8段階の色分けをしてノイズ分布表示させるものであり、ノイズレベルの高いパターンや部品等の検出や対策部品の効果の確認に利用できる。

1. はじめに

電子機器が広く普及するに伴い、電磁ノイズによる機器の誤動作が増加し社会問題となり、機器の性能としてEMC（電磁環境適合性）についても十分配慮する必要性が高まっている。

このような背景に伴い、電子機器の設計・開発段階におけるノイズ対策の重要性が高まり、その対策手法として、近磁界放射（ニアフィールド・エミッション）測定による発生源解析方法が注目されるようになってきた。

今回の試作システムは、微小ループアンテナをXY方向にスキャンさせることによりプリント基板の近傍における磁界成分のノイズ分布を解析するものであり、発生源を抽出する分解能やループアンテナの指向性の影響、3m法との相関性に関する検討を行ったので報告する。

2. システム概要

今回試作したシステムの全体構成を図1に示す。本システムは、微小ループアンテナをXY方向に動かし、プリント基板の各ポイントにおける磁界強度を検出する測定部、アンテナからのケーブルを接続し、ノイズレベルを計測するスペクトラム

アナライザ、これらの機器を制御し、測定データの記録、表示、加工処理などを行うコンピュータシステムで構成される。

微小ループアンテナはXYプロッタのペン取付部を改造して取り付け、供試体は、プロッタをまたぐ形で置いた5mm厚の透明アクリル板の上に乗せる構造になっている。アクリル板には縦横1cm間隔の格子を描き、プリント基板上の各パーツやパターンの座標を明確にすることで、測定結果との照合が容易にできるようになっている。

微小ループアンテナにはHPの11940A、11941Aを利用し再現性の向上を図っている。

測定周波数はHP11940Aが30MHz～1GHz、HP11941Aが9kHz～30MHzとなっている。

測定範囲は縦30cm横40cmまで、測定範囲や測定間隔の指定を自由に設定できる。

計測時間は1ポイントあたり0.8秒であり25cm×30cmの基板を1cm間隔で測定した場合、（750ポイント）約10分程度で測定する。

測定結果はノイズ強度に応じて8段階のカラーコードに変換しCRTに表示する。カラーコードへの変換は、測定結果における最大値と最小値の間を8等分する方法“AUTO LEVEL”と、指定し

た強度範囲を8等分する方法“FIX LEVEL”を指定できる。全体のノイズ分布の傾向を解析するときには“AUTO LEVEL”を指定し、発生源を絞り込むときには測定結果の最大強度付近を“FIX LEVEL”で細かく分割して解析することができる。

測定結果を2画面分記録でき、その差を表示させることによりノイズ対策前後の比較なども可能である。

ノイズレベルの高い周波数が不明な場合、プリント基板上の1～9ポイントでの“スペクトラム測定”を行い、ノイズレベルの高い周波数を最大20ポイントまで獲得し、各周波数におけるノイズ分布を連続して測定させることも可能である。

なお、これらの解析結果はプリンタへの出力及び、ビデオプリンタでハードコピーをすることもできる。

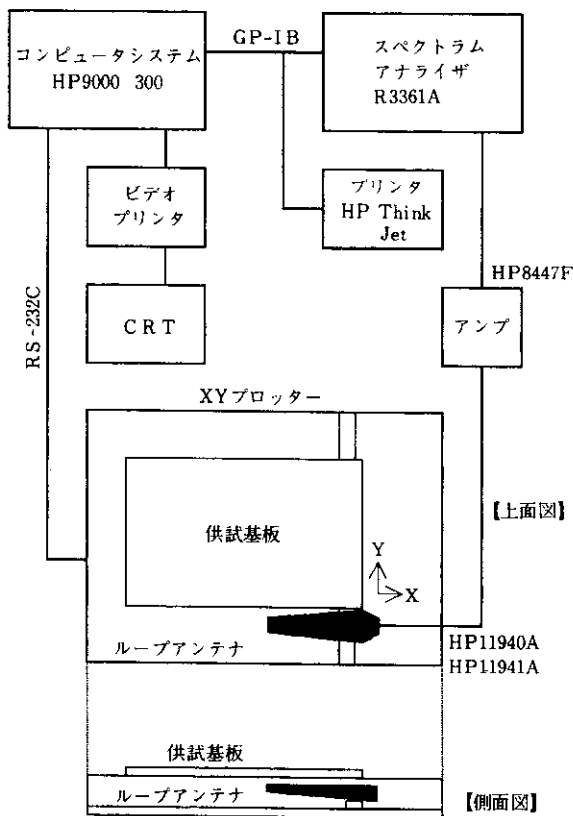


図1 システム構成図

3. 実験

3.1 ノイズ発生源の検出精度

ノイズの発生源の検出精度について検討を行った。実験は図2に示すように、シグナルジェネレータに一边15cm、パターン幅0.5mmの正方形のループ回路を接続し50MHzの電磁波を放射させ、パターンを横切るようにX方向：20mm、Y方向：1mmの区間について測定した。

また、実際の測定では、基板の両面とも部品を装着して、スペーサ等で基板全体を持ち上げ測定する場合も予想されたので、測定距離による影響についても同時に検討した。ここでは、ループ回路の高さを0～25mmまで5mm間隔で変えて実験を行った。

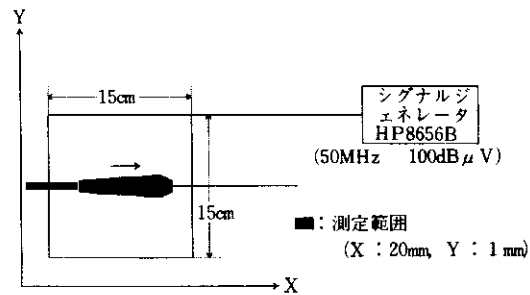


図2 ノイズ発生源の検出精度に関する実験回路

3.2 ループアンテナの指向性の影響

ループアンテナの指向性はループ面に対して8の字になることは周知の通りである。今回の場合、ループアンテナをX軸に平行に取り付けたため、Y軸方向に平行なパターンに対して感度がよく、X軸に平行なパターンに対しては感度が悪くなることが予想された。この影響を調べるため、図2の回路を使用し図3に示すようにパターンの方向をX軸に対して0°～90°と変えて測定した。

この他、図4に示すようなパルス信号を発生させる回路について、基板の方向を0、45、90°と変えてノイズ分布の測定を行った。

布の測定を行った。

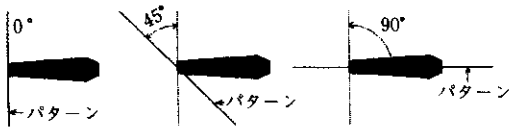
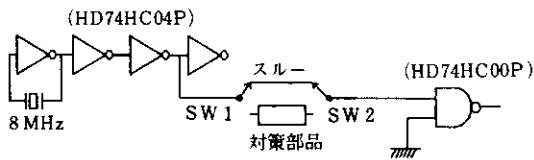
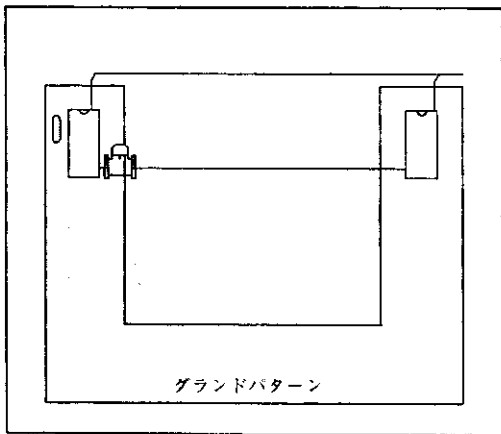


図3 ループアンテナに対するパターンの角度について



【試験回路】



【基板レイアウト】

図4 供試基板

3.3 3m法との相関性について

電子機器から放射される電磁ノイズの測定方法や規制値についてはVCCIやFCCなどの規格で定められておりノイズ対策における大きな対策指針となっている。ここでは本システムと3m法の測定結果の相関性について3.2で使用した試験基板を用いて検討した。

3m法については周波数範囲：30MHz～1GHz、PEAK検波、アンテナ高1～4m、ターンテーブル連続回転の条件で測定し、その測定結果における主だったノイズについて本システムでノイズ分

4. 結果及び考察

4.1 ノイズ発生源の検出精度

測定結果の中で最もレベルの高い所がノイズ発生源と考えられるので、“FIX LEVEL”において、測定結果の最高値を上限とし、指定する強度範囲を狭くすることによって磁界強度の分解能を上げて発生源の抽出を試みた。その解析結果について図5に示す。

ループ回路の高さが0cmにおいては磁界強度の分解能を0.05dBまで狭くすると抽出できたが、0.5mmでは0.01dBまで分解能を上げる必要があり、10mm以上では距離が離れるにつれて0.01dBの分解能でも識別できない範囲が広がっているものの、発生源の位置は常にその中央付近に存在しており、識別不可能な範囲がある場合はその中心付近に発生源があると判断すればよいと考えられる。

次に基板の高さと測定レベルの関係については、図6に示すように基板の高さが高くなるにつれ低下し、1cm離れると約5dB～10dB程減少する事が分かった。

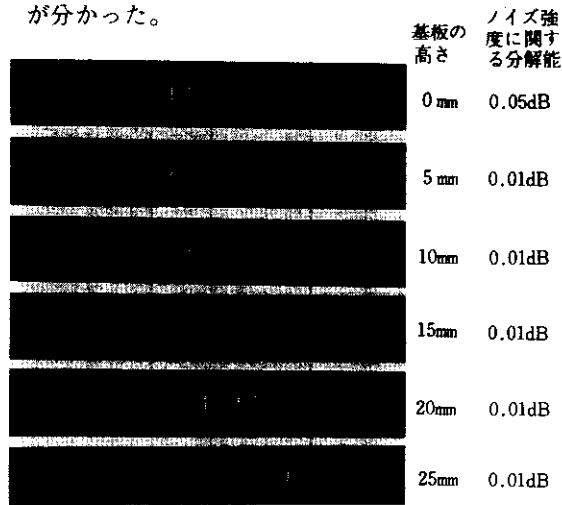


図5 基板の高さと測定精度との関係

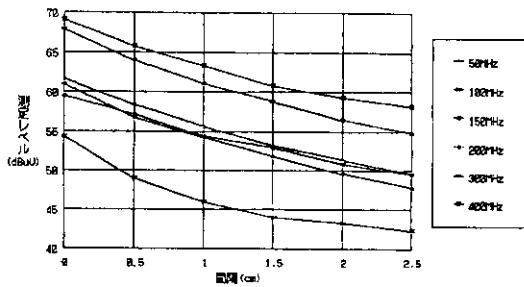


図6 基板の高さと測定レベルの関係

4. 2 ループアンテナの指向性の影響

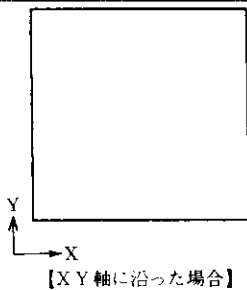
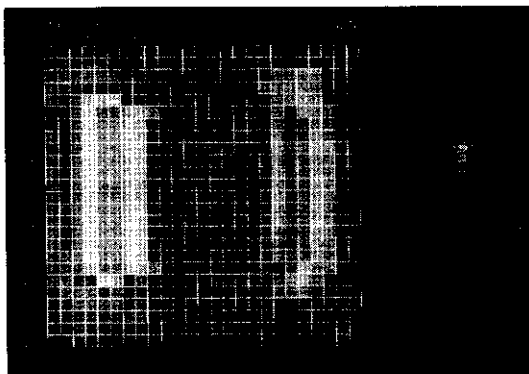
アンテナに対するパターンの角度と測定レベルの関係を表1に示す。この結果から、角度が大きくなるにつれて測定レベルが低下し、角度が45度で約5 dB程低下し、90度になると55 dBも低下することがわかった。

このため、図7に示すようにループ回路をXY軸に沿っておいた場合にはY軸に平行なパターン部分のみが検出され、X軸に平行なパターンはまったく検出されていない。また、XY軸に対して45度回転させた場合には各辺ともほぼ同じレベルで

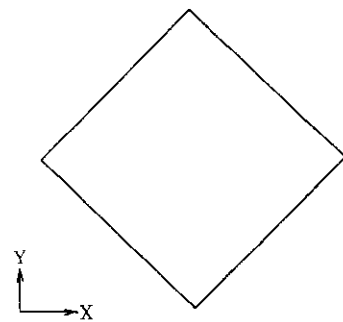
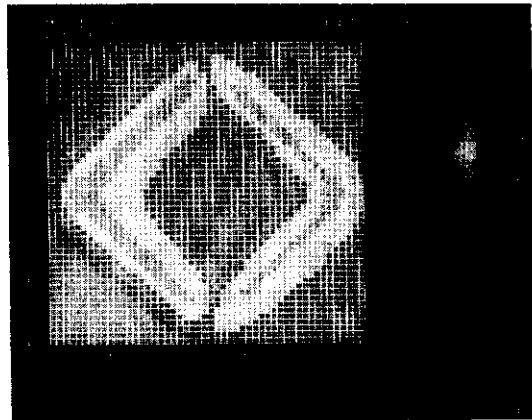
測定されている。試験基板の場合でも、図8に示すように同様な結果となったが、ノイズの発生源であるインバータ回路についてはどの角度においてもノイズ分布の中で最大値となっていた。これらの結果より、IC等からの放射については指向性の影響が少なく、パターンなど指向性の影響を受けやすいものについてはプリント基板の方向をループアンテナに対して垂直にならないよう角度を工夫する必要がある。

表1 アンテナに対するパターンの角度と測定レベルの関係

角度(度)	LEVEL(dB)
0	62.5
30	61.65
45	57.32
60	54.27
90	17.05

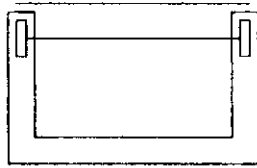
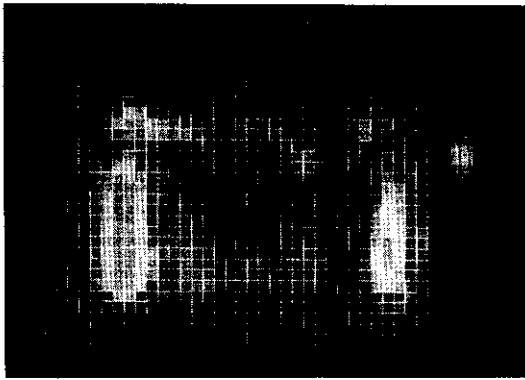


【XY軸に沿った場合】

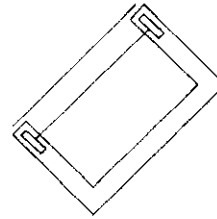
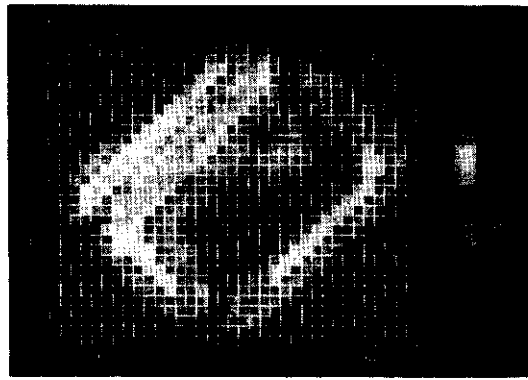


【45度かたむけた場合】

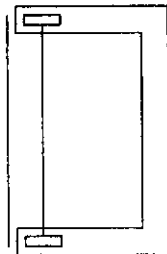
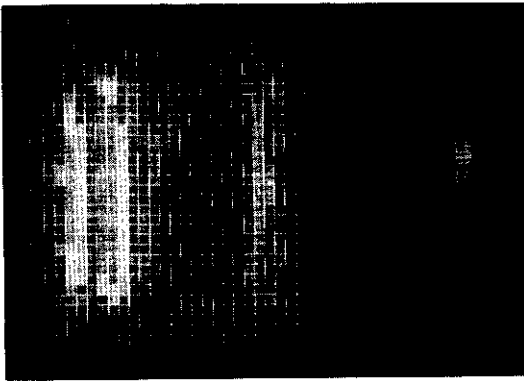
図7 15×15cmのループ回路におけるノイズ分布



【基板の角度：0度】



【基板の角度：45度】



【基板の角度：90°】

図8 供試基板のノイズ分布

4.3 3m法との相関性について

供試基板に対して対策部品を追加する前後における3m法での測定結果を図9に示す。この結果100MHz～600MHz近辺まで効果が見られた。

主なノイズについて3m法及び本システムでの測定結果を比較し、その対策効果や測定感度について表2にまとめた。

この結果、対策効果については2～3dB程度の誤差はあるもののほぼ同じ値を示した。

また、測定感度については、3m法の規制値を10～30dB程度下回るレベルまで測定可能であり、3m法において対策が必要であると思われるノイズの解析に充分対応できることがわかった。

5. おわりに

以上の結果を要約すると次のようになる。

- ① ノイズの発生源を約1mmの分解能で抽出できる。
- ② ループアンテナの指向性のためX軸に平行なパターンについては感度が悪く、Y軸に平行だと感度がよい。縦横方向のパターンからのノイズを同時に検出したい場合には基板をXY軸に対して45度傾ければよい。

- ③ 対策効果については本システムと3m法で2～3dB程度の誤差はあるもののほぼ同じ値を示す。測定感度については3m法の規制値よりも10～

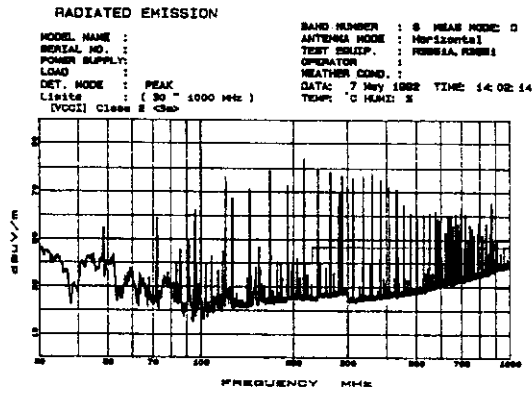
30dB程度低いレベルまで測定可能であり3m法の規制値をクリアするためにノイズ対策が必要であるようなノイズについては充分解析できる。

参 考 文 献

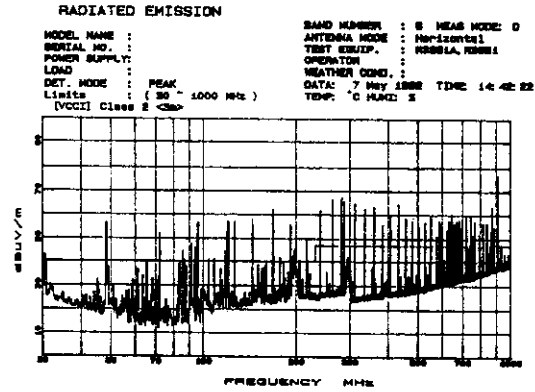
1) 丸紅ハイテック・コーポレーション：EMSCAN

取扱説明書

- 2) 坂元幸夫・山元秀俊：デジタル基盤の効果的なノイズ対策技術，電子技術，日刊工業新聞社，30，28～38 (1988)
- 3) YHP：EMI対策の基礎と最新の測定手法



【未対策】



【対策済】

図9 供試基板のノイズ発生状況 (3m法)

表2 3m法と本システムの相関関係

周波数 (MHz)	未対策 (3m) (dB)	未対策(シ) (dB)	未対策 (3m) (dB)	未対策(シ) (dB)	効果(3m) (dB)	効果(シ) (dB)	効果誤差 (dB)	規制値 (dB)	測定下限 (dB)	測定マージン (dB)
047.994	55.00	60.40	56.50	64.52	-01.50	-04.12	2.62	40	09.26	-30.74
071.903	59.50	61.42	52.00	56.50	07.50	04.92	2.58	40	18.34	-21.66
095.872	62.20	58.85	56.50	52.42	05.70	06.43	-0.73	40	23.16	-16.84
119.847	76.20	67.40	57.20	52.32	19.00	15.08	3.92	40	27.16	-12.84
167.781	79.50	62.85	62.30	48.52	17.20	14.33	2.87	40	27.46	-12.54
263.660	79.00	58.20	67.00	45.40	12.00	12.80	-0.8	47	29.60	-17.40
311.595	76.00	55.10	65.60	44.75	10.40	10.35	0.05	47	26.30	-20.70
359.516	78.00	54.72	64.00	42.25	14.00	12.47	1.53	47	26.94	-20.06
407.475	72.00	56.65	60.00	45.25	12.00	11.40	0.6	47	26.80	-20.20
527.294	60.30	59.50	57.00	54.10	03.30	05.40	-2.1	47	23.50	-23.50

(3m)：3m法 (シ)：本システム

測定限界=未対策(3m) - (未対策(シ) - 16) ; 本システムの測定下限(16dB)を3m法での測定レベルに換算した値

測定マージン=測定下限 - 3m規制値