

電子機器における電磁ノイズ発生源解析技術の研究

電子部 尾前 宏

Analytic Technology of EMI Occurrence Source of an Electronic Machine

Hiroshi ONOMAE

電子機器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、近磁界プローブをスキャンさせ、電子機器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の検出、筐体（ケース）におけるシールド対策の効果の確認などに利用できる。

1. 緒言

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。

電子機器から発生する電磁ノイズの対策を行う場合、主な発生源はプリント基板である場合が多いため、筆者はこれまで、プリント基板単体に関するノイズ分布を解析するシステムを試作し、その評価を行ってきた¹⁾が、通常、電子機器は複数のプリント基板、電源、及びハーネスなどからなっており、それらが総合的に動いた場合には、発生状況が変わってくる。

また、プリント基板だけの対策が困難な場合、筐体のシールド効果を利用した対策も行われている。

シールド効果については、国内外にいろいろな試験法があるが、実際に筐体として使用される場合には、接続部の形状や、各種インターフェース用スロットなどによってシールド効果が低くなる場合が多い。

そこで、プリント基板及び、筐体近傍におけるノイズ分布を解析するためのシステムを試作した。

システムの概要や、技術指導への適用例などについて報告する。

2. システムの概要

本システムは、電子機器から発生する電磁ノイズの分布を測定し、ノイズの発生源や伝搬経路などを解析し、各種ノイズ対策を支援するためのシステムである。ハード構成を図1に、全体写真を図2に示す。

電子機器から発生する電磁波の検出には近磁界プローブ

を用いる。

測定では、近磁界プローブを供試体近傍でマトリクス状にスキャンさせ、各座標におけるノイズレベルを測定する。

その後、各座標におけるノイズレベルに応じて8段階に色分けしてコンピュータ画面上に表示することによりノイズ分布を視覚化する。

測定結果は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。

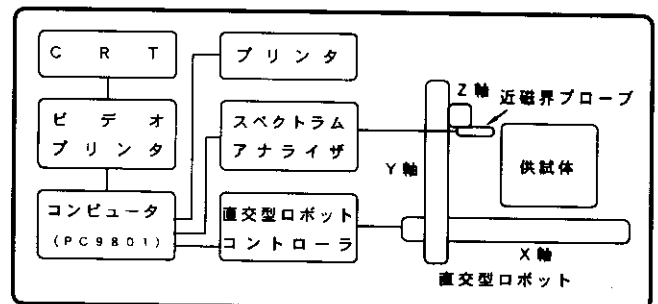


図1 ハード構成

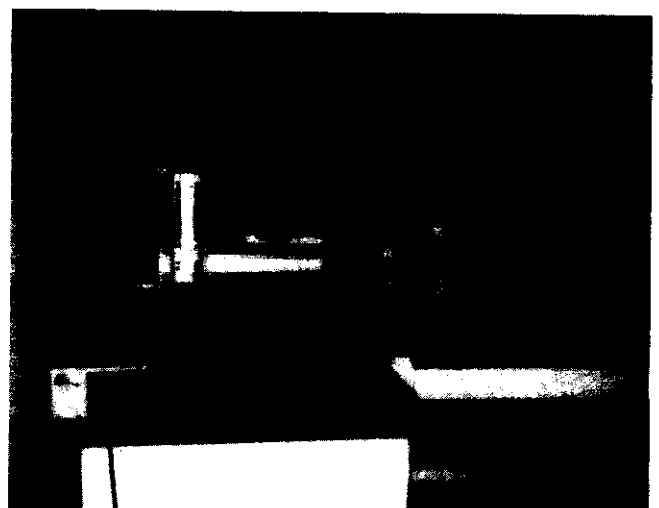


図2 全体写真

ノイズレベルの高い周波数が不明な場合は、“スペクトラム測定”を行い、ノイズレベルの高い周波数を検出し、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（モノクロ）及び、ビデオプリンタ（カラー）でハードコピーをすることもできる。

・測定範囲：

水平面600 mm × 400 mm，垂直面400 mm × 200 mm
（範囲内での測定範囲や測定間隔の指定は任意）

・プローブ及び測定周波数：

アドバンテスト TR 17301 A
ループアンテナ：10 kHz ~ 1 GHz

・計測時間：

1 ポイント約0.4秒
例) 250 mm × 300 mm の基板を10 mm 間隔で測定した場合（計750ポイント）約5分

・ソフトウェア：

開発言語には保守性が容易である事を考慮して N 88 BASIC（MS-DOS 版）を使用した²⁾。各メニューは機能別にファンクションキーに割り当てた。実行時には、コンパイルし、実行速度の高速化を図った。各キーの割り当ては図3の通りである。

初期画面	
f・1	SPATIAL (ノイズ分布測定)
f・1	LOAD データ読み込み
f・2	SAVE データ書き込み
f・3	PURGE データ削除
f・4	CONTROL 測定条件設定 (測定範囲など)
f・5	SERCH 測定開始
f・6	AUTO 測定結果表示 (レベル自動)
f・7	FIX 測定結果表示 (レベル任意)
f・8	DSP 1/2/2-1 画面切り替え (画面1/2/1-2)
f・9	COLOR/MONO 表示色切り替え (カラー/モノクロ)
f・10	RETURN 初期画面へ
f・2	SPECTRUM (スペクトラム測定)
f・1	LOAD データ読み込み
f・2	SAVE データ書き込み
f・3	PURGE データ削除
f・4	CONTROL 測定条件設定 (周波数範囲など)
f・5	SERCH 測定開始
f・6	SELECT SPATIAL 周波数選択
f・7	SET FRQ SPATIAL 周波数設定
f・10	RETURN 初期画面へ

図3 ファンクションキーの割り当て

3. 結果及び考察

3.1 ノイズ発生源の検出特性

プリント基板における部品やパターン集積度は年々高くなっており、ノイズの発生源を特定するためには、高い分解能が必要となってくる。ここでは、近接するパターンからノイズが放射されている場合、どれぐらいの間隔であれば、各パターンの識別が可能であるかの実験を行った。

実験では図4に示す8 MHzの高調波を発生させる回路を用い、*のパターンを約500 mm 直線状に延長し、その近傍を横切るようにスキャンさせた。パターン間隔は1 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mmとした。併せて、単独パターンから発生している場合の検出特性も測定した。

単独パターンの場合を図5に、複数パターンの場合を図6に示す。

この結果、複数パターンから発生している場合には、約10 mmの間隔があれば、近接するパターンの影響を受けているものの、それぞれのパターン直下でピークを検出できた。つまり、間隔が10 mm以上離れているパターンからの輻射であれば、パターンの特定が可能であることが分かった。これは、単独のパターンからの検出特性において、-3 dB帯域が約10~20 mm程度であるため、パターン間隔が10 mm以下の場合、近接するパターンからのノイズと重なり、ピークが検出できなくなるためと考えられる。

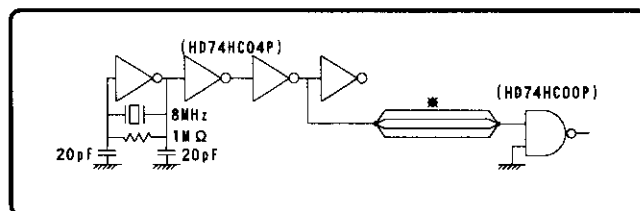


図4 発振回路

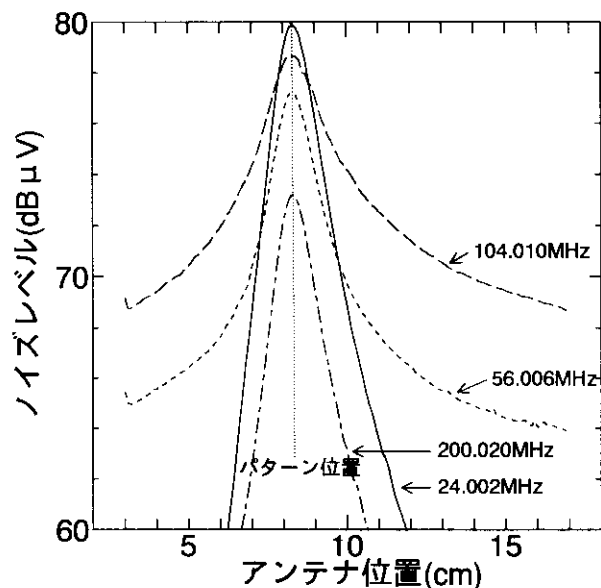


図5 検出特性 (発生源: 単独パターン)

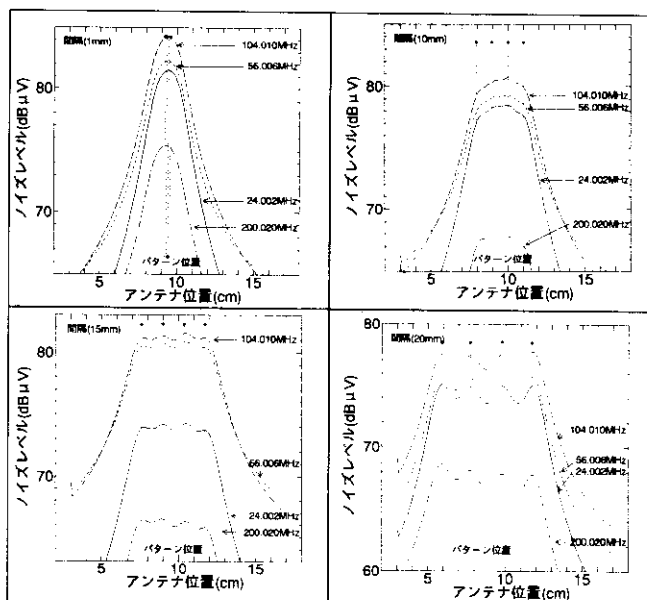


図6 検出特性（発生源：複数パターン）

このため、各パターンから発生する強度が異なる場合、より狭い間隔でもノイズレベルが強いパターンであれば、ピークを検出できるのではないかと考えられる。

3.2 シールド効果の確認

電子機器の筐体には、各種コネクタや、冷却用スリット、パネル間の隙間などがあり、電磁ノイズが漏洩しやすい場所になっている。

そこで、筐体におけるノイズの漏洩状況を解析する実験を行った。今回は、旧式のコンピュータの筐体の中に、8 MHzの高調波を発生させる基板（図4参照）を取り付け、リアパネル面におけるノイズの漏洩状況を解析した。

測定は、下記の3種類の状態について行った。

- ① リアパネル無し
- ② リアパネル有り、拡張用スロットカバー無し
- ③ リアパネル有り、拡張用スロットカバー有り

これらの結果を図7に示す。この図において、1段目は、リアパネル面におけるシールド状態を示し、2段目以降は測定例である。

この結果、①の場合リアパネルが無い場合、発振用基板近傍を中心に幅広くノイズが漏洩している。また、上部パネル近傍にもノイズレベルが強い部分が見受けられる。これは、発振用基板からのノイズが上部パネルで反射したものであると考えられる。

②の場合、漏洩場所が拡張用スロットの部分及び、リアパネルと上部パネルの接合部分に見られるが、最大レベルは①に比べかなり低くなっている。

③の場合、ほとんどの面が金属で覆われているのである

が、リアパネルと上部パネルの接合部分や、拡張用スロットのカバー間などの隙間からの漏洩が観測された。この場合でもシールド対策が完全ではないので、更にシールド対策が必要な場合、これらの隙間への対策を施す必要がある。

4. 技術指導例

県内の電子機器製造業者が開発した家庭用電子機器の米国向け製品について、FCC（連邦通信委員会）が定める電磁ノイズ規制をクリアするための対策に応用した。

今回対策を行った基板は、150 mm × 100 mmの両面基板で、CLOCKは7.16 MHz、14.318 MHz。CPUの他、VIDEO ICやADC（アナログデジタルコンバータ）などのICを搭載し、音センサなどの入力端子とVIDEO出力端子がある。

対策を行うにあたって、問題となる周波数を特定するため、本システムでのスペクトラム測定及び、放射ノイズの測定方法である3 m法で測定したところ、主なノイズはクロックの高調波が原因であることが分かった。

次に、ノイズの発生源を調べたところ、CPU回り及び、ビデオ信号回りが主な発生源であることが判明した。

そこで、これらの回路へのノイズフィルタの追加や、プラスチックケースへのシールド強化、グラウンドプレーンの強化などの対策を行った。

これらの結果、グラウンドプレーンの追加が最も効果があり、本対策だけでも、FCC規格をクリアできる見通しとなった。

図8に未対策の場合と、グラウンドプレーンの追加による対策を施した場合の測定結果を示す。

この図において、1段目は測定時の供試体位置を示しており、2、3段目はノイズ分布の測定例、4段目は3 m法PEAK検波での測定結果を示している。

まず、未対策の状態での測定結果を見てみると、表裏とも、CPUや、VIDEO IC、ADC周辺から主に放射されており、CPU周辺のレベルが最も高くなっている。また、表面（部品実装面）と裏面を比較すると、裏面の方が広範囲に渡って放射されている。

次に、グラウンドプレーンを追加した場合の測定結果と比較してみると、裏面については、グラウンドプレーンのため、ほとんど検出されていない。一部、グラウンドプレーンがない部分からの漏洩があるが、かなり低いレベルである。

これに対して、表面については、レベル、発生範囲ともわずかしが軽減されていなかった。

しかし、3 m法で測定した結果、未対策の場合に比べ全体的に約10~15 dB以上減少し、FCCの規定レベルを充分下回っていた。

これらの結果から、今回の基板の場合、裏面からの放射

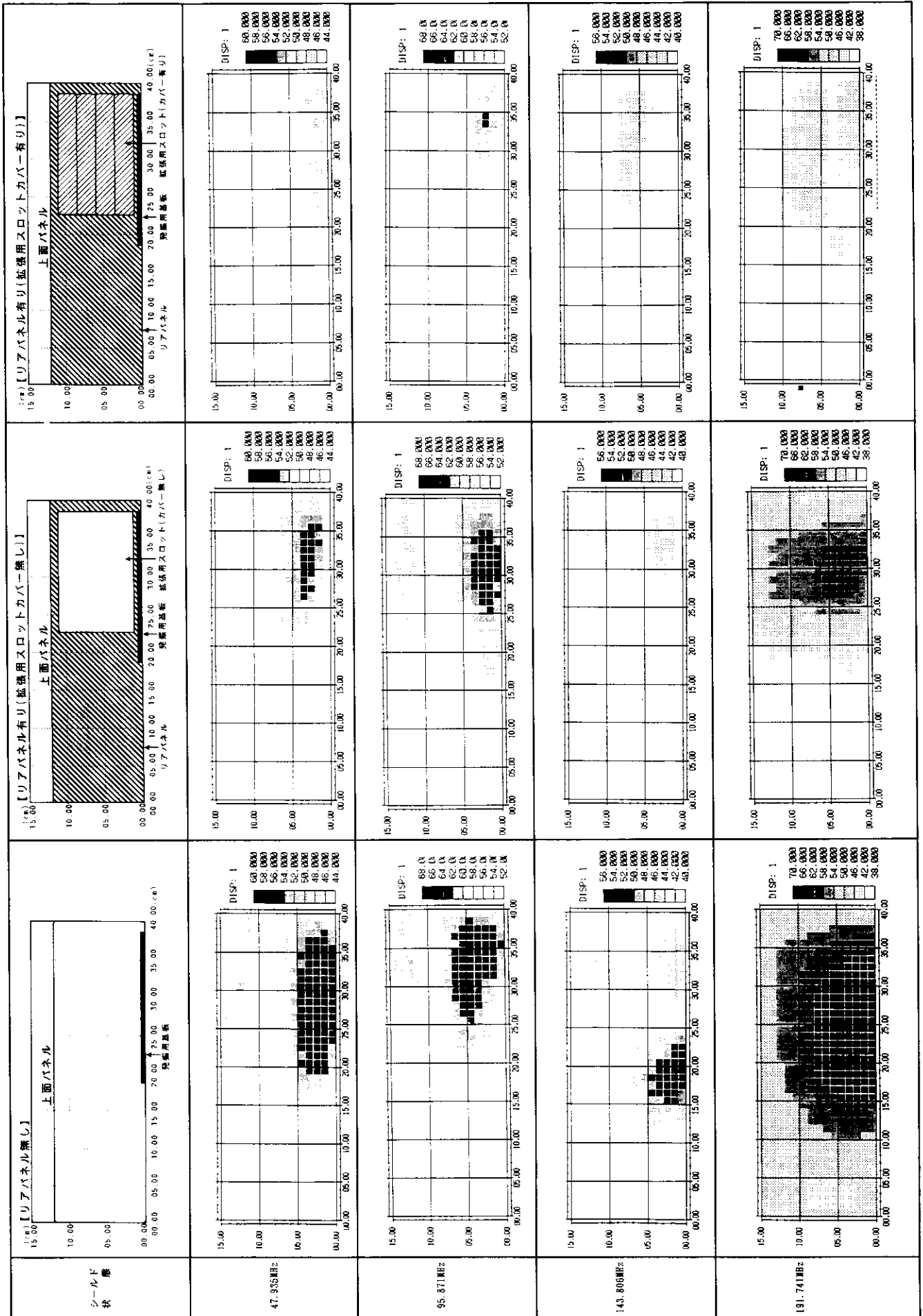


図7 シールド効果の確認

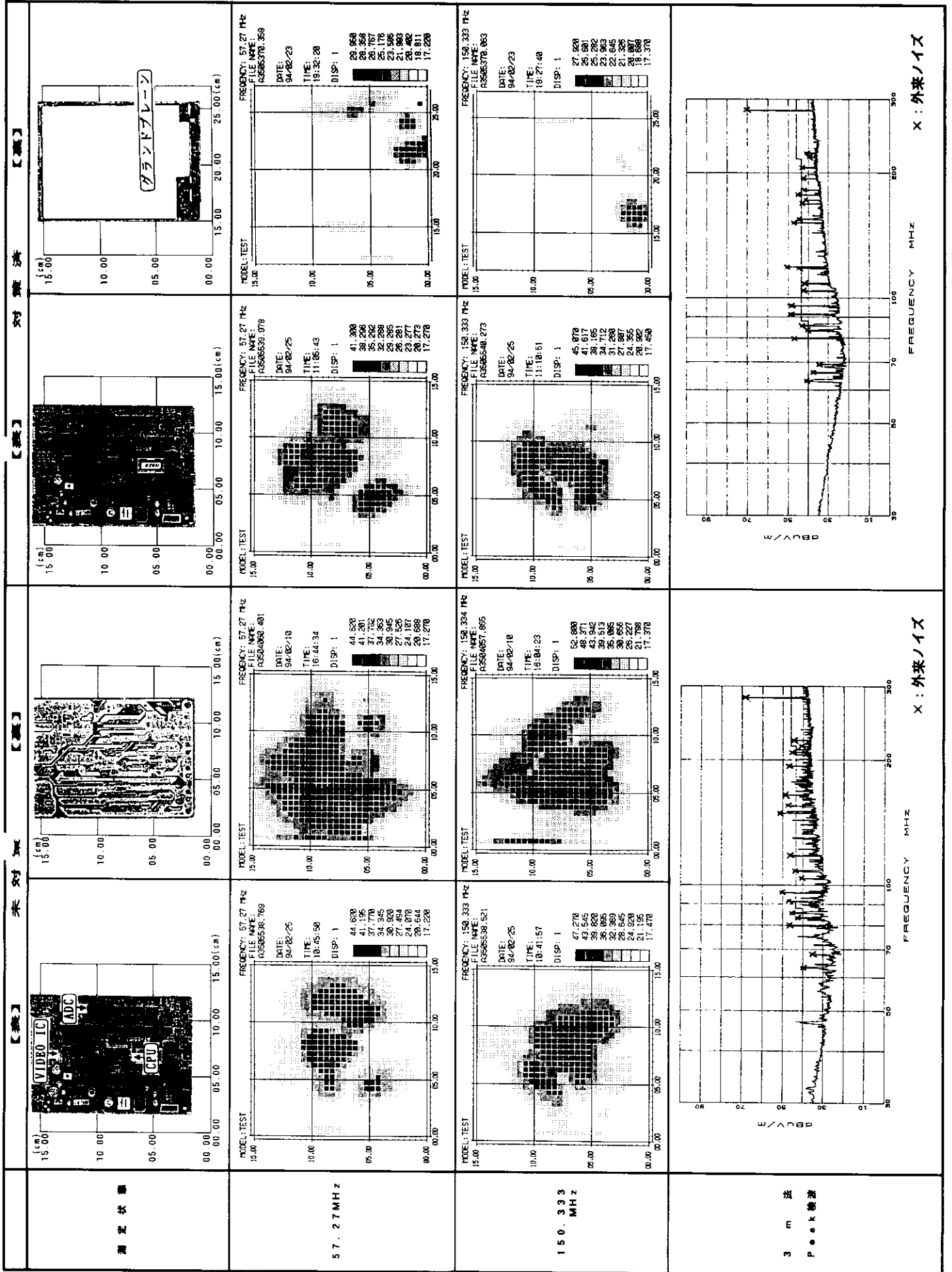


図8 技術指導例

の影響が強く、その面へグラウンドプレーンを追加したことによって、全体的なノイズの輻射が抑えられたのではないかと考えられる。

なお、本システムは、FCC 認定サイトでの測定でも規格をクリアし、既に輸出中である。

システム構成を図9に示す。

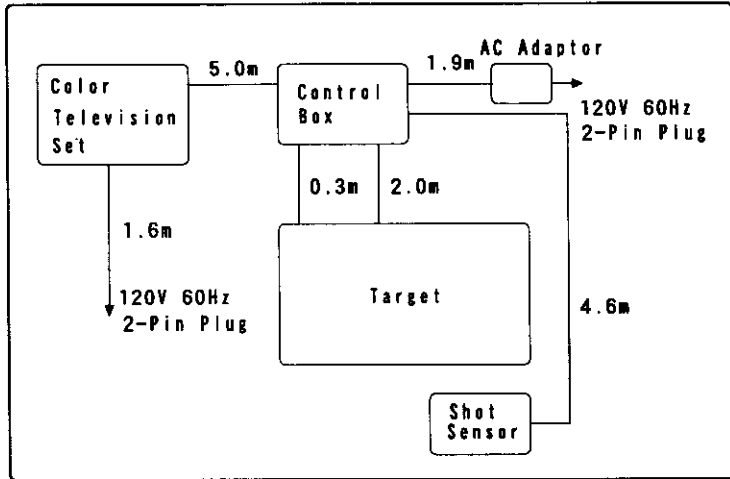


図9 システム構成

5. 結 言

本研究の結果を要約すると次の通りである。

- (1) 電子機器のプリント基板におけるノイズの発生状況や、筐体からのノイズ漏洩状況を視覚化することができるようになった。
- (2) これに伴って、対策を施す範囲の絞り込みが容易になり、対策の効果も確認できるようになった。

今後の課題としては次のことを検討中である。

- (1) ノイズ分布図と、実際の発生源との位置合わせを容易にする（画像ボードなどで、供試体の映像を取り込み、画面上で重ね合わせ表示する）
- (2) イミュニティ試験システムへの応用（ノイズシミュレータと近磁界プローブを接続し、供試体にノイズを印加する）

参 考 文 献

- 1) 尾前 宏：鹿児島県工業技術センター研究報告，5，83～88（1991）
- 2) “N 88-日本語 BASIC（86）（MS-DOS版）リファレンスマニュアル”，NEC（1986）