

# 電子機器のイミュニティ向上に関する研究 (第2報)

—デジタル回路のイミュニティ向上—

橋田 鉄雄・萩原 茂・丸山 隆資\*

## Research on Improving Immunity of Electronic Apparatus (2nd report)

Tetsuo KITTA, Shigeru HAGIHARA and Takashi MARUYAMA

### 要 約

電磁放射シミュレーションソフトを用いて、多層構造のデジタル回路基板におけるパルスの伝達波形の変化および放射される電磁波のスペクトル解析を行った。基板および導体の材質を替えて、シミュレーションを行い、基板材料の比誘電率と波形のひずみについて比較した。

表面層の配線ではパルス波形の変化は少ないが、内層の配線では、比誘電率の増加と共に、波形ひずみが大きくなることが観察された。パルス波形のスペクトル解析結果は、300MHzくらいまでは材質による違いは少ないが、それ以上の周波数では強度及び分布が異なっていることが観察された。

### 1. 緒 言

電子機器の電磁波による相互干渉が大きな社会問題になっている中で、放射雑音の低減と電磁波耐性の強化が、電子機器の設計製作業務に科せられた大きな課題になっている。また、電子機器の設計には、一般的に小型化と小電力化が強く要求されている。

これらの電子機器への要求は、相互に相反する性質のものであり業界にとって解決が困難な課題となっている。

課題解決に対する一つのツールとして、電磁放射シミュレーションソフトが開発されている。

これらのソフトは、基板単体での対応や、筐体から放射される電磁波をシミュレーションするものまでいくつかの特徴あるソフトが開発されている。

ここでは、電子回路CADとリンクした、電磁放射シミュレーションソフトを簡単な試験回路に適用した結果を報告する。

### 2. システムの概要

このシステムは、部品特性表、材料特性値などのデータを基にした、配線設計を行う電子回路CAD、および、配線の各部分に流れる電流値を計算し、各部分から放射される電磁波の強度をシミュレーション・表示するソフトから成っている。

#### (1) 電子回路CAD

部品情報、設計情報、配線情報から部品配置、パターン配線、部品取付穴位置、多層面構造の相互関係を決定して、

配線印刷パターン、穴明け、文字パターンの印刷などの加工情報を出力する。

#### (2) 電磁放射シミュレーションソフト

回路の情報(2次元の回路パターン、部品配置)と層構造の情報(多層構造、導体材料特性値、絶縁層材料特性値)とから1枚の回路基板のイメージを作り出す。

基板に搭載する素子の端子情報および機能情報から、各配線の等価回路を作成する。

各配線の等価回路に加える電圧の波形を決定して、波形に対応した電流を計算する。また、それらの電流波形を表示する。

電流分布を計算し、波形を周波数解析して、周波数成分及びその強度を計算する。

各配線に流れる電流による相互干渉を計算する。

基板から一定の距離にあるアンテナへの電磁波の放射をシミュレーションして表示する。

### 3. 解析対象の回路

論理回路素子を縦列に接続して、各端子の電圧波形をシミュレーションする。配線は、一つのルートを基板の表面層(部品取付面)に、他の一つをグランド層と電源層の間に挟んだ内層に配置する。

図1に回路基板を示す。

7個のデジタルICを搭載した基板で、パルスの影響を検討するために、配線のある層、長さ、間隔を替えて、それぞれの特徴を把握できるように配置してある

図2に回路構成を示す。

パルスの鈍り具合を確認するために、同一タイプのICで、

\*客員研究員

同じ番号の端子にパルスを加えること、近傍配線の影響を調べるために、長さを違えた配線に同一のICからパルスを加えること、さらに、電気的負荷の変動による効果を知るために配線途中の抵抗値や容量値を変更できるようにしてある。

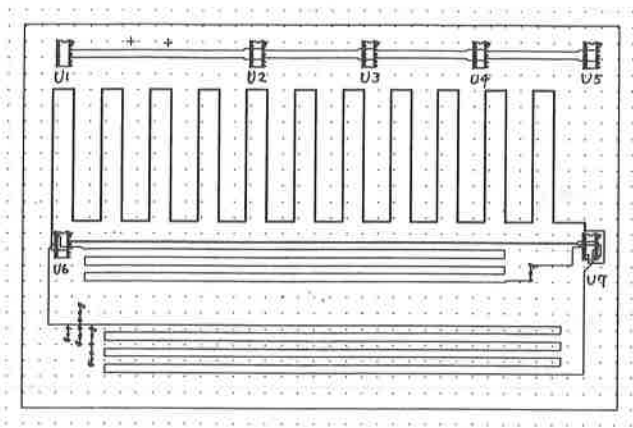


図1 回路基板

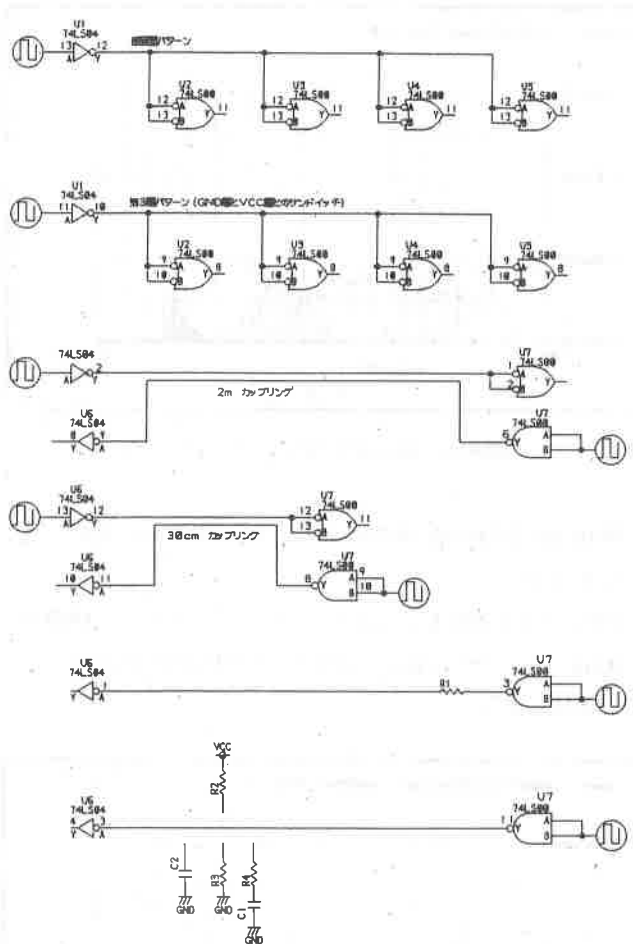


図2 サンプル回路

図3に層構造を示す。5層の絶縁層と各層の間に電源、グランド、信号層を配置して、裏面と部品面を加えて合計11層から成る。

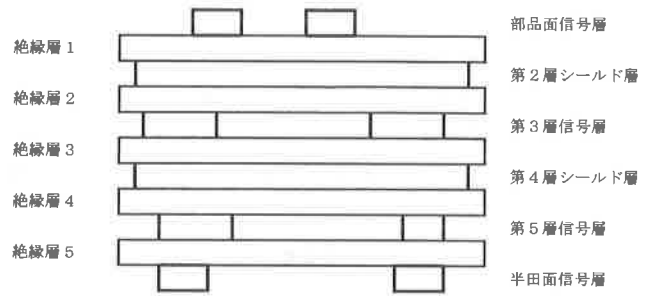


図3 サンプル基板の層構造

#### 4. 解析結果

##### (1) 層構造の絶縁材料の影響

絶縁材料のうちで、代表的な特性値を持つものを選択してシミュレーションをすることとして、第1表に示す5種の材料を選択した。

第1表 基板材料の比誘電率

絶縁材料	比誘電率
ガラス gaas	12.8
セラミック	9.5
耐熱性メラミン (g9)	7.2
ガラスエポキシ (fr4)	4.6
テフロン	2.3

3MHzから3GHzまでの周波数幅の、すべての配線の放射をシミュレーションし、その結果の例を図4に示す。

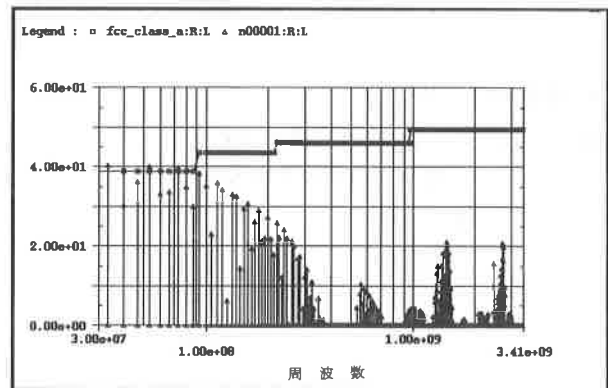


図4 スペクトラムの出力例

##### スペクトル

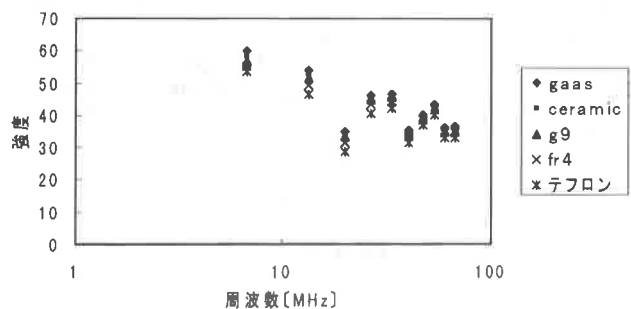


図5 基板材料によるスペクトラム

材料毎に、100MHzまでの放射のスペクトル強度をスペクトル図から読み取ったデータの分布状況を図5に示す。

(2) 絶縁材料の厚さによる影響

図3に示す層構造をもつ基板における絶縁材料の層の厚みを2分の1にして計算した結果を図6に、2倍した場合の結果を図7に示す。

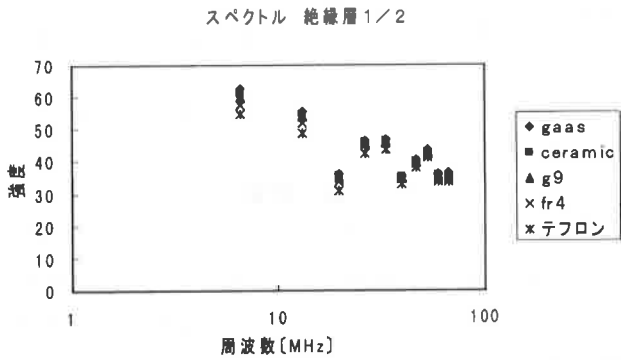


図6 絶縁層を半分の厚さにした場合のスペクトラム

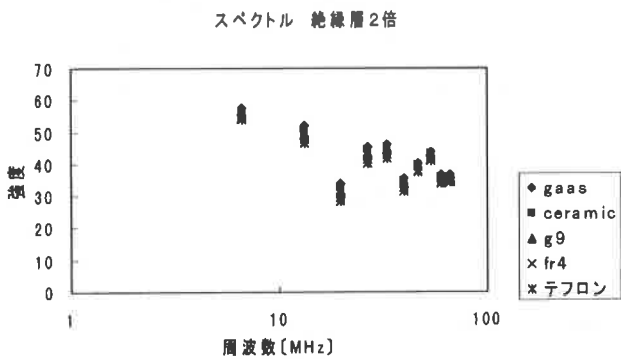


図7 絶縁層を2倍の厚さにした場合のスペクトラム

(3) 導体材料の影響

第2表に代表的な導体の特性値を示す。

第2表 基板導体の導電率

導 体	導 電 率
銅	5.80
アルミニウム	3.82
鉄	1.03

図8に導体の違いによる放射の分布を示す。

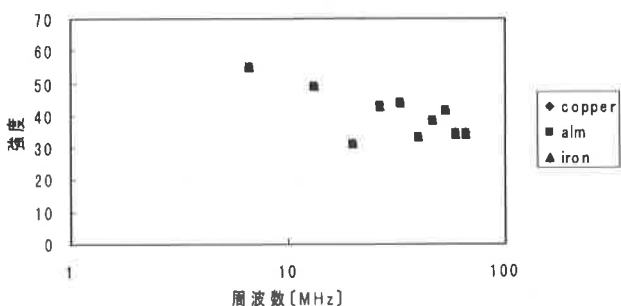


図8 導体の違いによるスペクトラム

(4) 配線層の条件による影響

図9(a)に部品面の配線のパルス波形、図9(b)に放射スペクトルを示す。

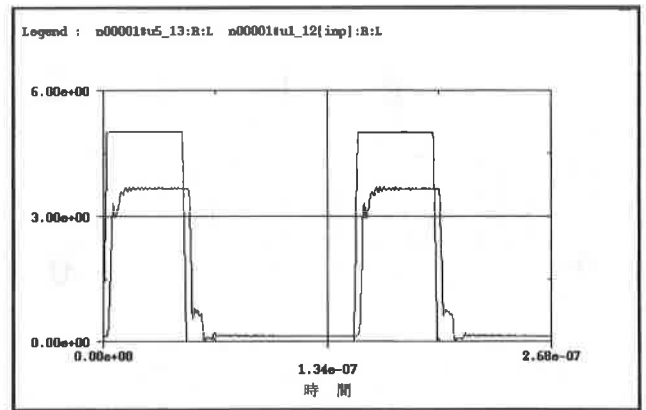


図9(a) 部品面信号層のパルス波形

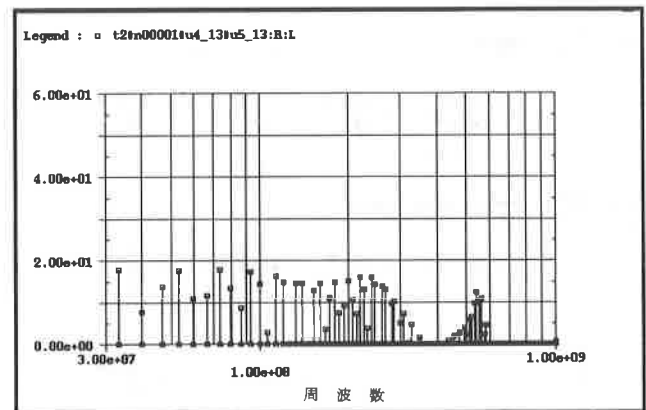


図9(b) 部品面信号層のスペクトラム

図10(a)に内層の配線のパルス波形、図10(b)に放射スペクトルを示す。

図8, および図9(b), 10(b)に示すスペクトルは、回路が床上0.8m, アンテナが1m, 回路アンテナ間の距離が3mの場合の計算値である。

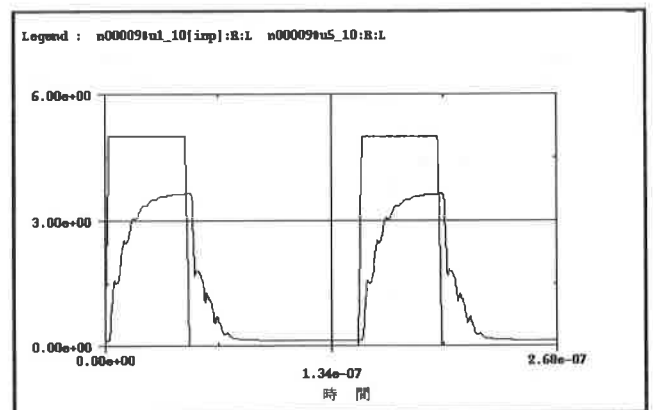


図10(a) 内層信号層のパルス波形

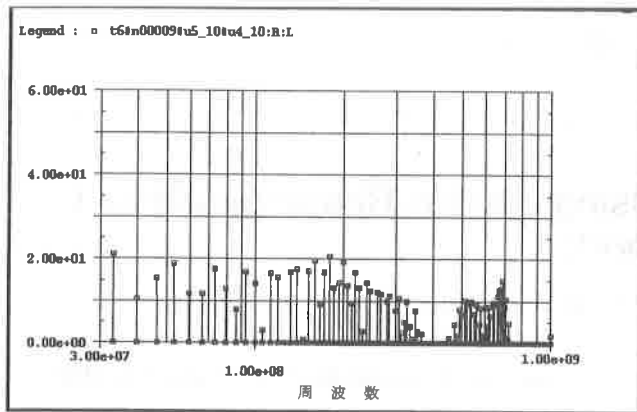


図10(b) 内層信号層のスペクトラム

### 5. 考 察

図5に示すとおり、シミュレーションに適用した各材料のスペクトル値の分布は、第1表の比誘電率の値に相当した順序になっている。また、与えたパルスの基本周波数の3倍のところで、低い分布になっている。図9(a)、図10(a)に示すとおり同一の引加パルスでも層の位置により、波形が変化しスペクトル分布は大いに変化するが、実際の基板では、回路の配置や作動状況の時間要因で、パルス波形がさらにひずむと思われるので、スペクトルの分布はさらに複雑な傾向を示すものと考えられる。

図6に示すように絶縁層を薄くすると、低い周波数側でスペクトルの強度が強くなっている。一方、高周波側では、絶縁層の厚さによる影響が少なくなっているが、その原因は現在のところ不明である。

図8に示すとおり、導体による影響はほとんど認められない。

図9(a)に示すとおり表面の部品面信号層では、パルス波形にひずみは少ないが、10(a)に示すとおり内層のパルス波形は相当ひずんでいる。

それぞれのスペクトル分布も、図9(b)、10(b)を比較して分かるように、部品面信号層に比較して内層のひずんだパルスでは、高周波側に多くのスペクトルが観察される。

### 6. 結 言

基板材料の特性値である比誘電率と、基板の機械的特性値である厚さを替えた場合のシミュレーション結果から、放射されるスペクトルの特徴を予測することが出来ることが分かった。

今後の課題としては、各種の基板材料による実際の基板の試作と、放射の実測を行い、シミュレーション結果の正当性を確認することである。

複雑な回路から、等価回路を生成し、その電流計算結果に基づいてスペクトルを計算するという高度な機能を、電子機器の製造現場に適用するためにも、[シミュレーション-試作-適用条件の改善]という循環を繰り返すことが重要であると思われる。

サンプル図面と基板材料定数などの資料提供をしていただいた、横河デジタルコンピュータ(株)の真鍋氏にお礼を申し上げます。

- 1) CONTEC RADIA
- 2) 平成8年度日動振補助設備