

# プリント配線板および筐体のEMIの影響について

About the influence to EMI of a printed circuit board and housing.

## - シミュレーション活用によるノイズ低減技術の研究 第三報 -

The research of noise reduction technology by the simulation utilization.

飯村 成洋\* 浅野 健治\*

### 1. はじめに

本報告は地域ものづくり対策事業費補助金を受けた「EMI適合設計技法の開発に関する研究」の技術開発研究事業において、当県が実施した分担課題についての最終報告である。

デジタル回路基板の不要輻射ノイズ（EMI）は信号伝送路及び電源パターン（電源層・グラウンド層）が主たる放射源となっている。電源パターンについては、平行平板となる時の共振が着目されている。

本研究では、これまで、これらの基板から発生するノイズを基板設計時において予測し、設計段階からノイズの発生を抑えたプリントパターンを設計するために、大きさ・形状が様々で、部分的なパターン欠如等もある予測が難しい電源パターンからのEMI放射に注目し、電源パターンのノイズ低減化技術について検討を行った。

本報告では、筐体のEMIについて、実測・検討、ノイズ低減化を図ったUSBケーブルの試作、シミュレータによる基板と筐体のEMIについて実験を行った。

### 2. 方法

実験に用いる基板は、一般の電子機器に使用されるガラエポ基材（誘電率 4.7）に銅のメッキを施した両面基板である。表側は伝送路側で、裏側は全てグラウンドのベタパターンである。伝送路とグラウンド以外の表側のパターン（うすい灰色の部分）は電源層を模擬したベタパターンとなっている。

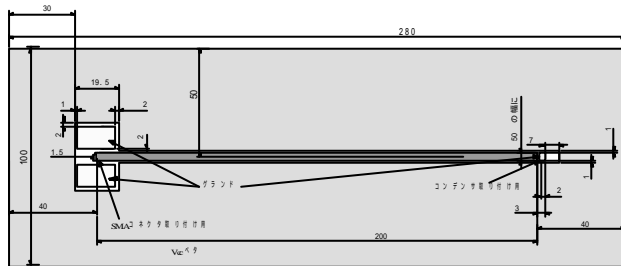


図1 実験基板

伝送路と裏側のグラウンド層間にシグナルジェネレータ（SG）を用いて給電を行い、伝送路を50Ωで終端した状態で測定している。放射電界強度は電波暗室内での3m距離における電界強度をアンテナを1～2m上下させて、そのピークの値をとり測定した。

### 3. 実験

#### 3.1 筐体のEMI

金属筐体は、基板からのノイズを抑えるのに有効であるが、接合部やスロットなどの開口部があり、完全な密閉状態を作ることは難しい。そこで、筐体の共振の影響を調べるために、図1の基板を実験筐体内にセットし実

\*生産技術部

験を行った。実験筐体は200mm×300mm×450mmの直方体である。図2に実験の様子を示す。



図2 筐体のEMI実験風景

#### 3.2 USBケーブルの不要輻射の低減化

USBケーブルは、コンピュータ関連機器の接続によく用いられるが、シールド性能が十分でないとノイズを出すアンテナとなってしまいます。これまでの研究成果[1][2]を踏まえ、より安定した性能を持つUSBケーブルを試作し、その性能を評価した。図3は、実験に使用したUSBケーブルの写真である。通常使用されている低速機器用のケーブルは写真上側（白色）で、試作したケーブルは写真下側（黒色）である。



図3 実験に用いたUSBケーブル

#### 3.3 シミュレータによる解析

基板上的の電流の状態を把握することは、EMI対策において有効である。そこで、シミュレータによる電流の可視化を行い、有効性を検討した。使用したシミュレータはApsim（Applied Simulation technology）である。図1の実験基板を基にシミュレータ用の基板データを構築し、基板表側の伝送路と裏側のグラウンド層間にSGから給電したときと同様になるように解析パラメータの設定を行い解析した。

また、筐体のEMIについてもMAGNA（CRC総合研究所）を用いてシミュレーションを行った。実測では筐体内部に図1の実験基板を入れているが、ここでは実験基板の代わりに筐体内部に仮定した仮想アンテナから電磁波を

発射し、その周波数を変化させたときの共振の様子を検討した。

#### 4. 結果および考察

##### 4.1 筐体のEMI

筐体の共振の影響を調べるために、図1の基板を実験筐体内にセットして実験を行った。その測定結果を図4に示す。

直方体モデルの各辺 $x, y, z$ の寸法を $a, b, c$ 、各辺方向のモード次数を $m, n, q$ 光速を $C_0$ とすると、筐体固有の共振周波数 $f_{mnq}$ は、式(1)で表せる。

$$f_{mnq} = C_0 \sqrt{\left(\frac{m}{2a}\right)^2 + \left(\frac{n}{2b}\right)^2 + \left(\frac{q}{2c}\right)^2} \quad (1)$$

この式に、実験筐体の寸法を代入すると、共振周波数が求まる。今回に実験では、予想された共振周波数あたりにピークがみられず、十分な結果は得られなかった。その要因としては、基板のセッティング方法等が十分でなかったためと考えられる。今後、実験を進めてデータを収集・解析・検討する予定である。

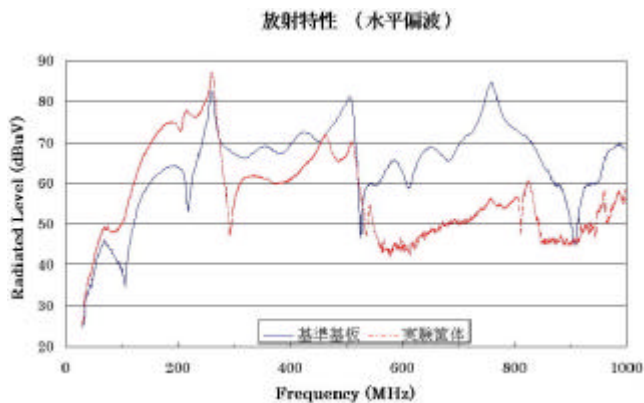


図4 筐体のEMI

##### 4.2 USBケーブルの不要輻射の低減化

今回試作したケーブルと従来のものとの大きな違いは編粗率であり、従来のものは編粗率80%程度、今回作製したものは編粗率90%となっている。

この2本のケーブルを用いて性能測定を行った。図5に示すように、測定にはノート型パソコンとキーボードを使い、従来及び試作USBケーブルは、それらの接続に用いた。電波暗室において、ノート型パソコンのワープロソフトを起動させ、USBケーブルで接続したキーボードのテンキーの+キーを常時押し続けた状態でEMI測定を行った。

その実験結果を図6に示す。図の黒色のグラフは従来の低速用USBケーブルのノイズ、灰色は今回試作したノイズ低減化を図ったUSBケーブルのノイズである。周波数によってはノイズが5~10dB下がっているところもあり、試作ケーブルのシールド性能が良いことが分かる。

ただし、編粗率をあげ、ツイスト数を増やすと、コスト・手間共に増えることになる。従って、設計段階でバランスシートを考慮に入れて検討する必要がある。USBケーブルは、従来のUSB1.0規格より高速でデータの転送を行うUSB2.0規格があり、今後の主流になると考えられる。十分なノイズ対策が要求されることが予想され、最

終的な製品として考えれば、コスト及びノイズ対策の面からも、後々費やすことになるだろう多大な対策費用及び時間を考えれば、設計段階から対応するのが望ましいであろう。



図5 USBケーブルの性能試験風景

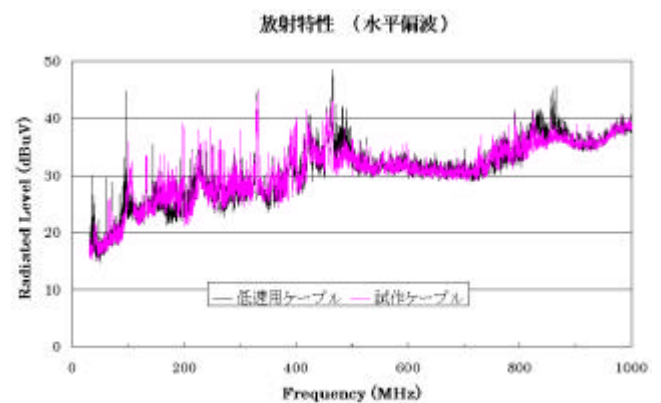


図6 USBケーブルのEMI

##### 4.3 シミュレータによる解析

シミュレータを用いて、図1の実験基板を模した基板に流れる電流の状態の可視化を行った。図7及び図8はその結果である。

図7は図1の実験基板の表側に相当する。給電を行った伝送路(図の中央部分)に一番電流が流れていることが分かる。図8は図1の実験基板の裏側に相当する。ベタのグラウンド層のうち、表側の伝送路の下にあたる部分に一番電流が流れているが、その周辺にも電流が流れているのが分かる。裏側のベタのグラウンド層に流れる電流の影響で、表側の電源層を模擬したベタパターン部分(図の中央の伝送路の周辺部分)にも電流が生じているのが分かる。

今回は、基板の電流の状態を可視化することができ、シミュレータがノイズ対策において有効な手段になることを確認した。実際の実験条件をどのようにシミュレータに盛り込むかなど、解析パラメータ設定が難しく、まだ詳細な解析には至っていない。今後、さらに解析を進める予定である。

筐体については、まだ十分な結果が得られていない。基板の解析と同様に、パラメータの設定などの改善が必

要であると考えられる。今後の課題である。

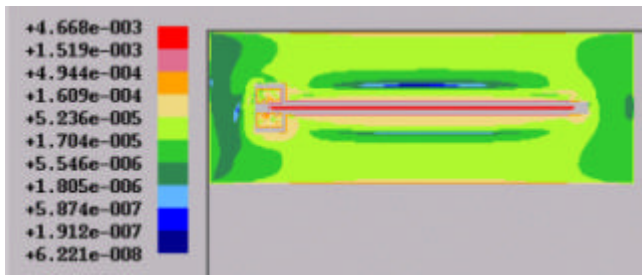


図7 シミュレータ解析の結果（表側相当）

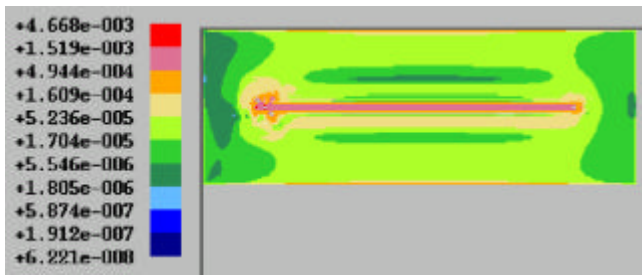


図8 シミュレータの結果（裏側相当）

## 5. まとめ

本研究により、電源パターンの共振に起因するノイズの把握や、電源パターンの形状、誘電率、基板の厚さ、伝送路からの電源パターン距離等とEMIとの関係を検討し、評価データを得た。また、USBコネクタに必要な評価技術(特に差動インピーダンス評価技術)およびEMI評価技術について検討し、USBケーブルとコネクタの接合部分およびUSBケーブルのシールド性能がEMI低減に大きな影響を与えることが明らかとなった。

本報告では、これまでの研究の成果を踏まえ、編粗率を上げてノイズ低減化を図ったUSBケーブルを試作した。従来のUSBケーブルとの性能比較により、ケーブルの編粗率を上げることは、USBケーブルから生じるノイズの低減に有効であることが明らかとなった。

シミュレータによる解析では、基板の電流の状態を可視化することができ、EMI対策においてシミュレータの活用が有効であることを確認した。

今後は、筐体のEMIについての解析を行い、データの蓄積をすすめて、ノイズ低減化技術の指針をまとめ、技術相談等を通じて普及して行く予定である。

## 参考文献

- [1] 大力賢次, 飯村成洋: プリント基板及びUSBケーブルのEMIへの影響について - シミュレーション活用によるノイズ低減化技術の研究 第二報 - ; 茨城県工業技術センター研究報告第29号
- [2] 大力賢次, 飯村成洋, 浅野健治: シミュレーション活用によるノイズ低減化技術の研究; 地域ものづくり対策事業補助金中小企業技術開発産学官連携促進事業成果普及講習会用テキスト