

## 放射電磁ノイズに対する誤動作防止対策に関する研究

関口克巳\* 戸枝 保\*

### Study on Measures to Prevent Incorrect Action When an Electrical Products in Electromagnetic Radiation Noise

SEKIGUCHI Katsumi\*, TOEDA Tamotsu\*

抄録

放射電磁ノイズによる誤動作防止対策を効率よく行えるようにするために、電気・電子機器を想定した筐体モデルに放射イミュニティ試験を行った。ケーブルの配置方法やケーブルと筐体の導通の有無、ノイズ対策部品の取り付け方法により侵入ノイズの強度や周波数が変化することがわかった。また、デジタルICを用いたLED点滅回路と金属筐体から構成される電子機器モデルに対してイミュニティ試験を行い、誤動作対策の効果を検証した。この結果、効果的な誤動作対策のためにはフェライトコアの取り付け位置やシールドケーブルの端部の処理に注意しなければならないことがわかった。

キーワード：ノイズ，放射ノイズ，イミュニティ，誤動作，ノイズ対策，シールド

## 1 はじめに

医療機器をはじめとする様々な機器の電子化・情報化が進むにつれ、それらの機器から発生する電磁ノイズによる機器の誤動作や故障の問題が広がっている。このため国内外で電磁ノイズに対する規制や規格化が進められており、国内でもJIS化・法制化が進められている。これに伴い電気・電子機器メーカーには機器から発生する電磁ノイズの抑制だけでなく機器の誤動作防止対策への対応が求められており、製品開発現場ではその効率的な対策が重要となっている。

本研究では、電磁ノイズに対する機器の誤動作防止対策を効率よく行えるようにするために、電気・電子機器を想定して単純化した2種のモデルを製作し、これに対して放射イミュニティ試験を行うことで、機器内に侵入する放射ノイズの傾向や誤動作防止対策の効率的な方法を検討した。

## 2 実験方法

### 2.1 放射イミュニティ試験装置

本研究で使用した実験装置の概念図を図1に示す。実験は電波半無響室と放射イミュニティ試験装置で行った。供試機器は電波半無響室内の高さ80cmの木製のテーブル上に置かれ、テーブルの中央とアンテナの先端との距離を1mとした。供試機器に印加する放射電磁ノイズの周波数は80MHz~1GHz、偏波は水平偏波とした。

### 2.2 供試機器

本研究で使用した供試機器を図2、図3に示す。図2は厚紙の表面を銅箔で覆ったもので、金属筐体として使用した。この筐体にコモンモードノイズの侵入を想定し、1本のケーブルを挿入した。これにより一般的な電気・電子機器に見られる筐体と接続ケーブルの構成を模擬した(以下、筐体モデル)。図3はクロック周波数10MHzのデジタルICを用いたLED点滅回路を図2と同様

\* 試験研究室 電子技術・電磁波測定担当

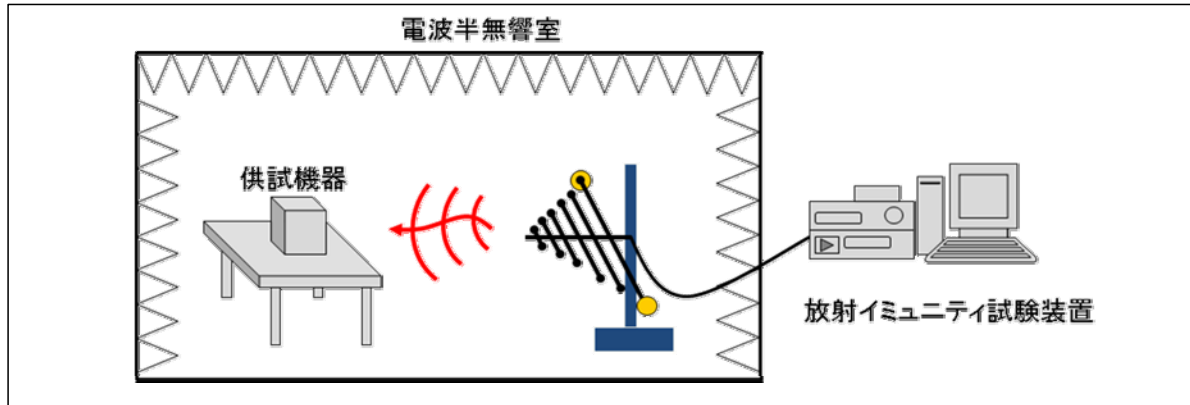


図1 放射イミュニティ試験装置の概念図

の金属筐体中に設置したものである。IC に LED の点滅パターンをプログラムし、任意の順序で点灯させることができる。この回路は AC アダプターから供給される 5V の直流電源により駆動する。これにより IC 基板と金属筐体からなる電子機器の構成を模擬した(以下、電子機器モデル)。



図2 筐体モデル



図3 電子機器モデル

### 2.3 筐体モデルによる評価

図2の筐体モデルの中に電界センサーを設置し、筐体に侵入し再放射した電磁ノイズの各周波数に対する電界強度を表1の実験条件のもとで測定した。

表1 実験条件

項目	条件
ケーブルの配置	ケーブルの長さ、向きを変える
筐体のケーブル貫通の処理	筐体とシールドの導通の有無・導通の長さを変える
筐体外部ケーブルシールドの端部の処理	シールド端部を閉じるまたは開放する
フェライトコアの取り付け位置	シールドの内側・外側 筐体の内側・外側
筐体とケーブルの導通	ケーブルを筐体と導通またはコンデンサ接続
筐体の隙間からのノイズ侵入(ケーブルなし)	隙間の向き(縦・横) 隙間の長さ

### 2.4 電子機器モデルによる評価

はじめに図3の電子機器モデルの放射電磁ノイズに対する耐性を把握するために、イミュニティ試験を行った。このイミュニティ試験装置の出力レベルに対する誤動作の有無を調べた。また、誤動作の状態により以下の判定基準<sup>2)</sup>を設けた。

判定基準：

- (1) LED が設定した順番で正常に点灯する →○
- (2) LED が設定した順番で点灯しないがノイズ印加を停止すると自動復帰する →△
- (3) LED が設定した順番で点灯せずノイズ印加停止後も自動復帰しない →×

次に 2.3 で使用した実験条件を用いてイミュニティ試験を行った。この実験と 2.3 で行った実験結果を比較することで、筐体モデルへの放射電磁ノイズの侵入のしやすさや効果的なノイズ対策の傾向が、電子機器モデルに対しても同様の傾向が見られるのかを調べた。

### 3 結果及び考察

#### 3.1 筐体中に侵入するノイズの観測

##### 3.1.1 ケーブルの配置

図 2 の筐体モデルにおいて筐体の内部と外部にあるケーブルの長さをそれぞれ変化させ、筐体内の放射電磁ノイズの電界強度を測定した。図 4 に示すとおり筐体の外側に配置されたケーブルでは、その長さが長くなれば低い周波帯で電界強度のピークが現れ、短くなるとそのピークが高周波帯に移動することがわかった。この結果から、ケーブルが放射電磁ノイズの筐体内への侵入経路となっていることが確認できた。

また、筐体外部のケーブルをイミュニティ試験装置のアンテナに対して垂直に配置すると筐体内で観測される電界強度はケーブルがアンテナに水平に配置される場合に比べて三分の一 (10dB) 以下にまで減少した。これは筐体外部のケーブルが受信アンテナとして作用する効果とその配置される向きによって大きく変化することを示している。

##### 3.1.2 ケーブル貫通部におけるシールドの処理

筐体から出るケーブルにシールド材を取り付け、ケーブル貫通部のシールドと筐体の導通の状態を変化させたときの筐体内部の電磁ノイズの電界強度を測定した。測定結果を図 5 に示す。この結果から、貫通部はすべて導通させることが理想的であるが、それが困難な場合はできるだけ導通させる部分を長くすることがノイズ侵入を防ぐために重要であることがわかった。

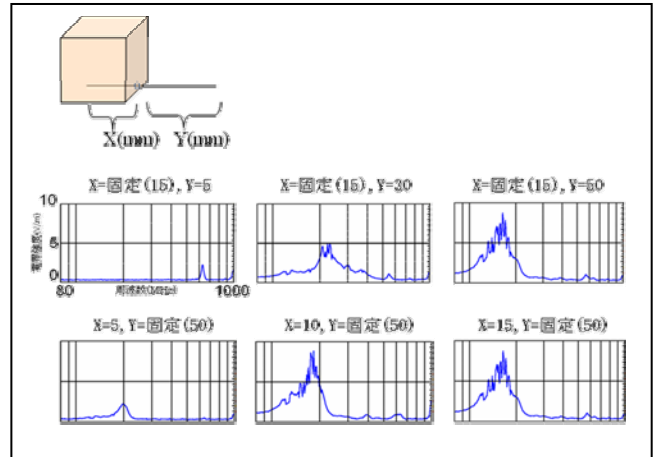


図 4 ケーブルの長さによる違い

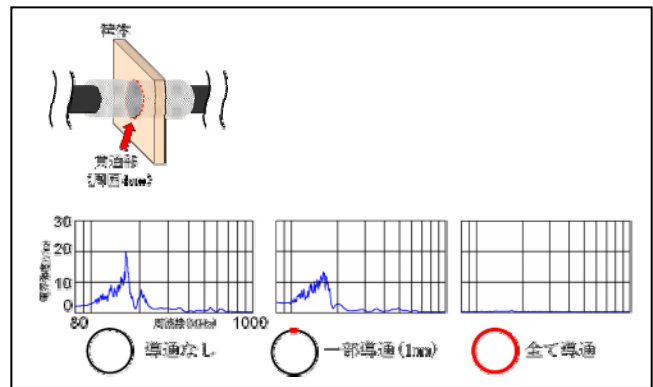


図 5 筐体とシールド接合部導通による違い

##### 3.1.3 ケーブルシールド端部の処理

筐体外部においてケーブルシールドからケーブルが露出する部分の長さを 0cm, 1cm, 25cm と変化させたときの筐体内のノイズ電界強度を測定した。図 6 の結果から、ケーブル露出が 25cm 以外の条件では電界強度がほぼ測定限界付近にとどまり、1cm 程度の露出部分がある場合でも高いノイズ遮蔽効果が得られることがわかった。

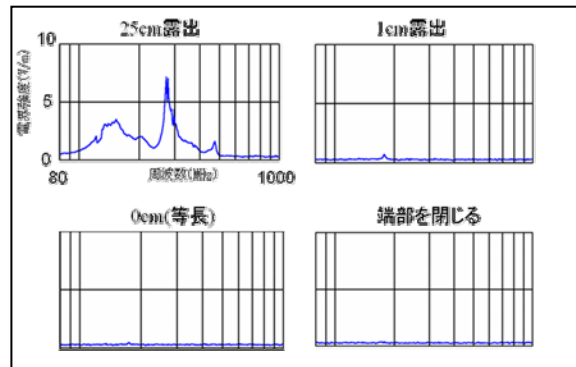


図 6 ケーブルシールド端部による違い

### 3.1.4 フェライトコアの取り付け位置

フェライトコアを使用し、その取り付け位置と侵入ノイズ強度の関係を調べた。図7の結果から、シールドケーブル上に取り付けた場合よりもシールド内のケーブルに直接取り付けた方が効果的であることがわかった。また筐体のケーブル貫通部を境にして、筐体の内側または外側のケーブルにフェライトコアを取り付けた場合の比較も試みたが、その効果の差は小さかった。

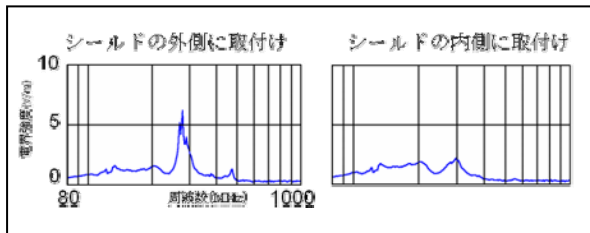


図7 フェライトコアの取付け位置による違い

### 3.1.5 筐体とケーブルの導通

ケーブルを筐体と導通させたときの筐体内部の電界強度を測定した。図8の結果から、筐体とケーブルを導通させると筐体内の電界強度は導通させていない場合に比べて三分の一(10dB)以下にまで減少することがわかった。また、筐体とケーブルを直接導通させずにコンデンサ(2nF)を介して接続した場合も同様の結果が得られることがわかった。この結果から、コンデンサによる筐体接続は直流回路から放射電磁ノイズの交流成分を除去する方法として有効であると考えられる。

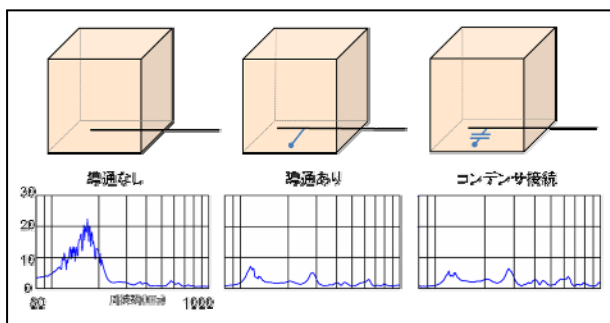


図8 筐体とケーブルの導通による効果

### 3.1.6 筐体の隙間からのノイズ侵入

筐体にある程度の長さの隙間がある場合、そこから放射電磁ノイズが侵入することが知られている。この現象を確認するため、図2の筐体モデル

に幅 3mm、長さ 15cm のスリット設け、筐体内部の電界強度を測定した。この結果、筐体に印加される電磁ノイズの偏波に対してスリットの向きが垂直の場合にノイズが侵入することがわかった。このことから放射イミュニティ試験において筐体にノイズが侵入していると考えられる場合、スリットとなる隙間の向きを考慮することで、ノイズ侵入経路特定のための判断材料となる。

## 3.2 誤動作対策の評価

### 3.2.1 電子機器モデルの誤動作の確認

はじめに図3の電子機器モデルが誤動作する印加ノイズの周波数と電界強度を確認した。ただし誤動作するときの電界強度とはイミュニティ試験装置に設定された出力を示すもので、供試機器が実際に受けるノイズの電界強度ではない。また、電子機器モデルにはフェライトコア、ケーブルシールド材は取り付けしていない。表2に電子機器モデルが誤動作する周波数と電界強度を示す。

表2 電界強度 (V/m) と誤動作周波数 (MHz)

(V/m)	誤動作周波数(MHz)と誤動作判定			
6	—	○	—	○
8	—	○	—	○
10	95~110	△	175~235	△
12	95~120	△	175~235	△
14	90~115	△	175~240	△
16	90~120	△	175~245	×
18	90~130	△	170~250	×

※「—」はすべての周波数で誤動作なし

この結果から本実験環境下では、この電子機器モデルは2つの周波数帯において誤動作することがわかった。表2に記載されていない他の周波数では誤動作は起こらなかった。以下では各種誤動作対策や実験条件下での誤動作の状態を表2の結果と比較することでその効果や傾向を評価した。

### 3.2.2 ケーブルの配置

3.1.1と同様にケーブルを印加ノイズの偏波に対して垂直に配置した場合、誤動作はすべての電界強度及び周波数において発生しなかった。また、電子機器モデルの筐体を取り外し、基板のみでケーブルを垂直に配置した場合にも誤動作は起

こらなかつた。よつてこの供試機器は放射電磁ノイズの影響を基板が直接受けるのではなく、電源ケーブルを介してノイズが回路内に侵入し誤動作していると考えられる。

### 3.2.3 ケーブル貫通部におけるシールドの処理

ケーブル貫通部の処理の条件を 3.1.2 と同様にしてイミュニティ試験を行った。この結果、すべて導通させている場合は、誤動作は起こらなかつたが、一部導通及び導通なしの状態では表 2 と同じ結果となつた。このことから侵入ノイズに対する対策として、筐体とシールドの貫通部の導通は重要であり、導通させずにケーブルに取り付けたのみではほとんど効果がないことがわかつた。

### 3.2.4 フェライトコアの取り付け位置

フェライトコアの取り付け位置を 3.1.4 と同様の条件とし、イミュニティ試験を行った。シールドの上からフェライトコアを取り付ける場合は表 2 と同じ結果となつたが、シールド中のケーブルに直接取り付けられた場合、すべての周波数及び電界強度で誤動作は起こらなかつた。また、筐体の外側または内側にフェライトコアとりつける場合、両条件で 12V/m までの出力までは誤動作が起こらなかつたがこれ以上の出力では表 2 と同じ結果が得られた。よつて、フェライトコアを取り付けることである程度の効果は得られたが、筐体の内側と外側での差は 3.1.4 と同様に小さかつた。

### 3.2.5 筐体とケーブルの導通

3.1.5 の実験をもとに電子機器モデルの DC 電源ラインの両極と筐体を静電容量 2nF のコンデンサを用いて接続し、イミュニティ試験を行った。この結果、すべてのノイズ周波数及び電界強度において誤動作は起こらなかつた。よつてコンデンサを用いた DC ラインの筐体接続は誤動作対策として有効であることが確認できた。また、DC ラインの両極間をコンデンサで接続した場合、誤動作の状態は表 2 と同様であつた。このことから、この電子機器モデルの回路に侵入しているノイズはコモンモードノイズであると推測できる。

## 4 まとめ

本研究では、放射電磁ノイズの筐体に侵入するノイズの周波数や電界強度の傾向を把握し、ノイズの侵入を軽減させる効率的な対策方法を検討した。また、その対策方法が電子機器を模擬したモデルに対しても有効であることが確認でき、その結果次のことがわかつた。

### (1) 筐体に侵入するノイズの傾向

放射電磁ノイズは筐体に接続されたケーブルや筐体の隙間から侵入し、その周波数や電界強度はケーブルや隙間の長さ及び向きに依存する。イミュニティ試験では主に供試機器の 4 方向に対して水平垂直 2 偏波の電界を印加するため、それぞれの試験条件においてケーブル配置や筐体の隙間に対する侵入ノイズの傾向を考慮すればノイズ侵入経路や誤動作箇所を速やかに特定できることが期待される。

### (2) 効果的な誤動作対策

電気・電子機器内に侵入する放射電磁ノイズの軽減及び誤動作対策にはフェライトコア、コンデンサ、ケーブルシールド等のノイズ対策部品が効果的であるが、その取り付け方法や位置によってはほとんど効果を発揮しない場合があり、使用に際しては注意が必要である。

### (3) DC ラインの筐体接続による誤動作対策

DC ラインと筐体をコンデンサで接続することで交流成分である放射電磁ノイズの回路内への侵入を軽減することができる。これは侵入ノイズがコモンモードノイズの場合に有効である。

今後、本研究で得られたデータ及び対策手法を当センター利用企業に提供し、効率的な誤動作対策を実現することで企業支援を図っていく。

## 参考文献

- 1) Michel Mardiguian : EMC 設計の実際, 丸善, (2000) 157
- 2) 能戸崇行, 戸枝保, 白石和久 : 機器の電磁雑音対策に関する研究, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, 3, (2001) 21