

# 無線周波数放射及び伝導電磁界イミュニティ試験時の誤動作プロセスの解析

黒川 悟\*<sup>1</sup>

井尻 和夫\*<sup>2</sup>

## 【要 旨】

IEC規格における無線周波数放射イミュニティ試験（IEC1000-4-3）、伝導電磁界イミュニティ試験（IEC1000-4-6）については、試験時の誤動作プロセスの解明が重要な課題となっている。

本研究では、これらの試験時の有効なイミュニティ対策技術の確立のため、その誤動作プロセスを解析し、業界が抱える技術的課題の解決に貢献することを目的として、平成9年度は、IEC1000-4-3試験時の誤動作プロセスを明確にするための基礎実験を実施し、機器のシールド不良と機器内に配置されている基板の接地方法が誤動作要因の一つと考えられる結果を得ることができたので概要を報告する。

## 1. 緒 言

IEC規格における無線周波数放射イミュニティ試験（IEC1000-4-3）、伝導電磁界イミュニティ試験（IEC1000-4-6）については、EU域内でのCEマーキング、日本国内でのJIS規格等各国のノイズ規制において採用され、企業においては自社製品の対応が必須条件となっており、これらのイミュニティ試験時の誤動作プロセスの解明は、機器の耐性向上のための有効な手段を得るため、重要な課題となっている。

このため本研究は、これらのイミュニティ試験時の誤動作プロセスを解析し、有効なイミュニティ対策技術を確立することにより、業界が抱える技術的課題の解決に貢献することを目的として実施した。

平成9年度は、IEC1000-4-3試験時の誤動作プロ

セス解析の基礎実験として、機器を模擬した前面に扉を有するシールドボックスを作成し、試験時のボックス内の電界分布測定を実施した。

その結果、IEC1000-4-3試験時の誤動作の大きな要因の一つが機器のシールド不良と機器内に配置されている基板の接地方法にあると考えられる結果を得ることができたので概要を報告する。

## 2. IEC1000-4-3試験の概要

IEC規格における無線周波数放射イミュニティ試験（IEC1000-4-3）では、80MHz～1000MHzの一定強度の電磁波に1kHzで80%のAM変調をかけた電磁波を比試験機器に照射し、誤動作が起きるかどうかを検証する。

EUのCENELEC規格においては工業環境で利用する機器については10V/m、商業軽工業地域で利用する機器については3V/mの電界を照射して試験を実施することとなっている。図1にIEC1000-4-3試験の概要図を示す。

\* 1 機械電子課 技師

\* 2 機械電子課 専門員

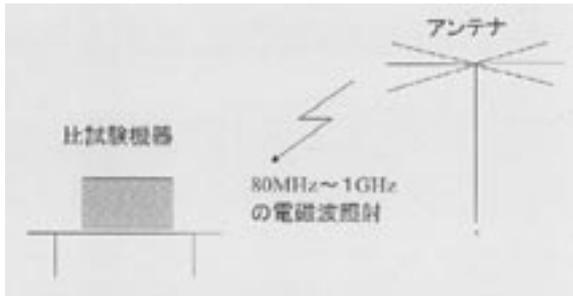


図1 無線周波数放射イミュニティ試験の概要  
(IEC1000-4-3試験)

### 3. 実験方法

IEC1000-4-3試験時の誤動作プロセス解析の基礎実験として、前面に扉を有するシールドボックスを銅箔を用いて作成し、各種機器において最も多く存在すると思われる

- ・ 扉にシールド不良が存在する場合
- ・ 扉に開口部(窓)が存在する場合
- ・ 扉の開口部の後ろにリード線で接地したプリント基板が存在する場合
- ・ 上記の複合パターン

を設定し、これに10V/mの無変調の電磁波を照射し、ボックス内の電界強度を測定した。測定の概念図を図2に示す。

なお、シールドボックスは大きさ50cm×50cm×35cm、厚み約5mmのダンボール箱に厚さ35μmの圧延銅箔を張り作成した。前面の扉は左引き手開きとし、シールドボックスとは星和電機社製シールドガasketを用いて接合される構造とし

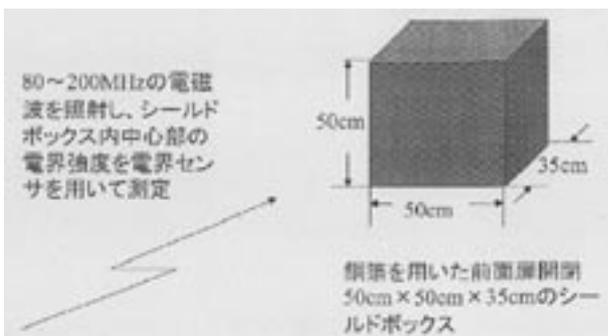


図2 測定概要図

た。測定は以下の条件で当センター電波暗室で行った。

- ・ 試験周波数 80~200MHz 無変調
- ・ 周波数移行間隔 1%等比
- ・ アンテナ方向水平
- ・ アンテナの床面からの高さ1.5m
- ・ ボックスの床面からの高さ80cm
- ・ ボックスとアンテナ間の距離は 3m
- ・ 電磁波放射用アンテナ バイコニカルアンテナ
- ・ 電界強度測定センサ HOLADAY社製電界センサ
- ・ 放射イミュニティ測定システム 松下インターテクノ社製システム

#### 3.1 扉にシールド不良が存在する場合

機器の扉部分にシールド不良が存在する場合として、

- ・ 紙1枚程度の隙間が存在する場合
- ・ 1cmの隙間が存在する場合
- ・ 2cmの隙間が存在する場合

を設定し電磁波を照射した。

図3に、扉にシールド不良が存在する場合を模擬した実験の概念図を示す。

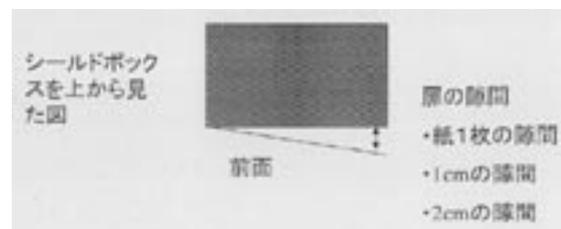


図3 扉のシールド不良実験概念図

#### 3.2 扉に開口部(窓)が存在する場合

機器の扉部分に開口部が存在する場合として、

- ・ 10cm×10cmの開口部が存在する場合
- ・ 20cm×10cmの開口部が存在する場合

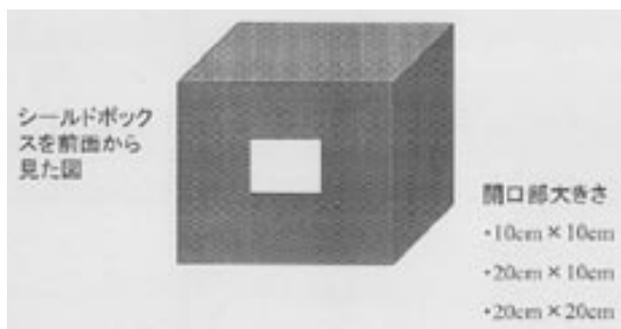


図4 扉に開口部がある場合の実験概念図

・20cm × 20cmの開口部が存在する場合を設定し電磁波照射実験を実施した。

図4に、扉に開口部が存在する場合を模擬した実験の概念図を示す。

### 3.3 扉の開口部の後ろにリード線で接地したプリント基板が存在する場合

扉の開口部の後ろに、大きさ10cm × 18cm × 1mmのベタランド面を有する2層プリント基板を配置し、それを水平に配置した長さ約20cmの銅箔テープにより扉と筐体の接合部に接続した。

図5に、実験の概念図を示す

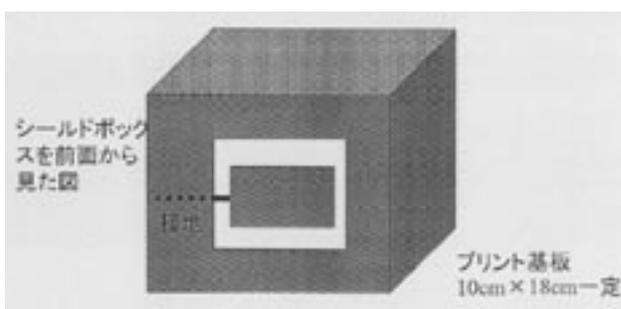


図5 扉の開口部の後ろにリード線で接地したプリント基板が存在する場合

### 3.4 3.1～3.3の複合パターン

実際の機器では、3.1～3.3に示す3とおりの場合が単独に存在する例は少なく、複合されたパターンとして存在する例が多いと考えられる。

このため、複合パターンの場合についても実験を行った。

## 4. 実験結果及び考察

3. 実験方法で示した設定において電磁波を照射し、シールドボックス内の電界強度測定を実施した。実験結果を、分類して以下に示す。

### 4.1 扉の隙間と装置内の電界強度特性

図6に扉の隙間の違いによる装置内の電界強度特性の測定結果を示す。

シールドボックス内の最大電界強度は紙1枚程度の隙間の場合112MHz近辺で約5.5V、隙間が1cmの場合124MHz近辺で約5V、間隔が2cmの場合124MHz近辺で約8Vになる結果となった。

これは、112MHzの場合波長の1/4となる長さは約67cm、124MHzの場合約60cmであり、50cm × 50cmの扉が共振するためと推定できる。

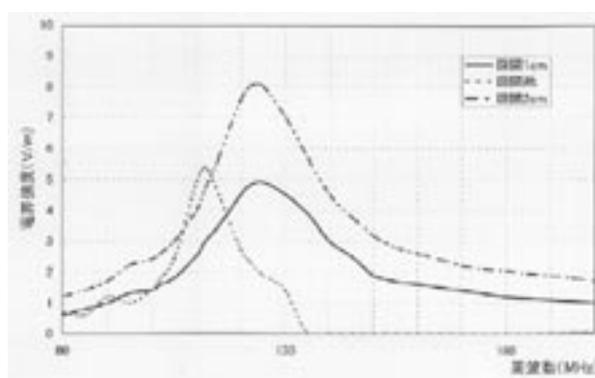


図6 扉の隙間と装置内の電界強度特性

### 4.2 開口部の大きさと装置内の電界強度特性

図7に扉の開口部の大きさの違いによる装置内の電界強度特性の測定結果を示す。

扉に開口部のみが存在する場合、シールドボックス内の電界強度はほとんど0となる結果となった。これは、開口部の大きさが、最大で20cm ×

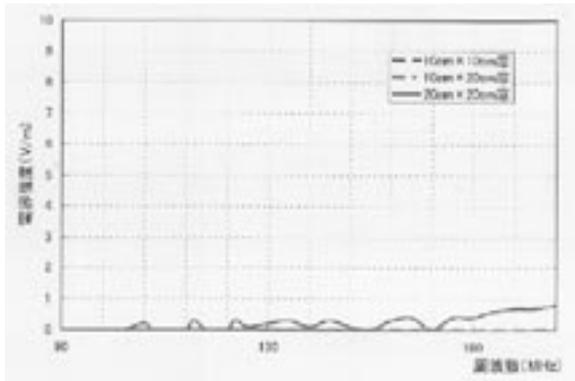


図7 開口部の大きさによる装置内の電界強度特性

20cmであり、今回実験を実施した80MHz～200MHzでは、1/4波長の長さが最小となる周波数は200MHzでその長さは37.5cmとなり、共振が存在する周波数よりも低かったためと考えられる。

#### 4.3 扉の隙間一定時の開口部の大きさと装置内の電界強度特性

図8に扉の隙間を紙一枚程度の一定として、開口部の大きさの違いによる装置内の電界強度特性の測定結果を示す。

測定結果では、開口部の大きさが20cm×20cmの場合約6Vと最も大きな電界強度を示し、その周波数は102MHz、波長の1/4となる長さは76cmである。また、開口部が存在する場合、それが大きいほど共振周波数が高くなる傾向となる結果と

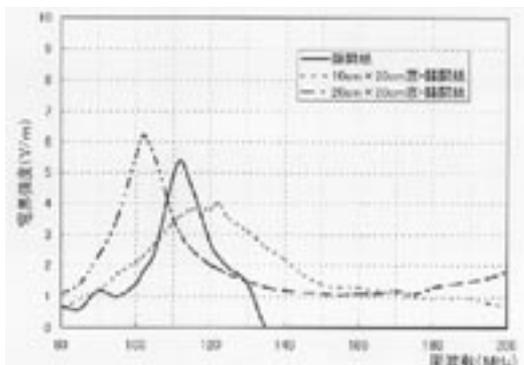


図8 ドアの間隙一定時の窓の大きさによる装置内の電界強度特性

なった。

#### 4.4 プリント基板が存在する場合の扉の隙間と装置内の電界強度特性

図9にプリント基板が存在する場合の扉の隙間による電界強度特性の測定結果を示す。

測定の結果、扉の間隔が1cm、2cmの場合はボックス内の電界強度は最大で約8～9V/mとなった。その周波数は約120MHzであり、波長の1/4となる長さは約63cmである。共振していると考えられるのは、4.3の結果と比較すると、扉とプリント基板を接地しているケーブルと推定できるが、本結果だけでは特定できない。

扉の間隔が紙1枚程度の場合には、120MHzでの共振は存在しない結果となった。

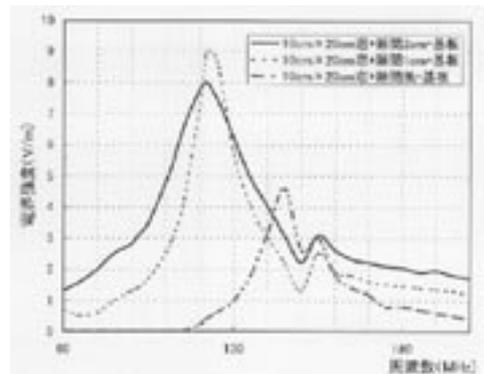


図9 プリント基板が存在する場合の扉の隙間と装置内の電界強度特性

#### 4.5 20cm×20cmの開口部が存在する場合の各種依存性

図10に、20cm×20cmの開口部が存在する場合の各種依存性が存在する場合の電界強度特性の測定結果を示す。

測定の結果、銅箔テープで接地した10cm×18cmのプリント基板が存在する場合、印可電界強度の2倍程度である20V/mとなる周波数が存在し、その周波数は170MHzで波長の1/4となる長さ

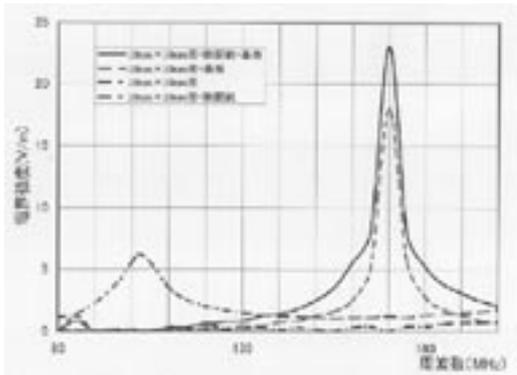


図10 20cm×20cm開口部がある場合の各種依存性

は44cmであった。

この共振周波数は、プリント基板を接地したリード線の長さとしてプリント基板の長さを足した長さが波長の1/4程度となるため、これが共振するためであると推定できる結果となった。

なお、4.6の測定結果では開口部の大きさが10cm×20cmであり、プリント基板と同程度の大きさとなっておりこれが直接共振したと推定できる結果とはなっていなかったが、開口部の大きさが20cm×20cmとプリント基板よりも大きい場合、これが直接共振したと推定できる結果となった。

実際の機器において、開口部の後ろに配置されたプリント基板が、開口部より小さく、そのプリント基板が大きなグランド面を有しているとしても、接地方法が不適切である場合には、機器内の電界強度が2倍程度にもなる可能性がある結果となった。

## 5. 結 言

本研究では、IEC1000-4-3試験時の誤動作プロセス解析の基礎実験として、機器を模擬したシールドボックスを用い、各種のシールド不良等の条件での試験時のシールドボックス内の電界分布測定を実施した。

その結果、IEC1000-4-3試験時の誤動作の大きな

要因の一つが機器のシールド不良と機器内に配置されている基板等の構造物の接地方法にあると推定できる結果となった。また、開口部が存在する場合には、その開口部の後ろにプリント基板等を配置する場合、開口部の大きさよりも大きな基板とする必要があると推定できる結果となった。

これらの結果から、機器を設計する段階において、以下のことを最低限配慮して設計することが必要であることを示すことができた。

- ・ 機器の扉は、不良接地が存在しないようにシールドガasketを利用する等の工夫を実施する。
- ・ 機器内のプリント基板を接地する場合、その接地は最短距離で行う。
- ・ 開口部はできるだけ小さくする。

## 参考文献

- 1) 電子情報通信学会編：アンテナ工学ハンドブック（オーム社）
- 2) 社団法人関西電子工業振興センター電磁波障害分科会編：IEC1000シリーズ96年版
- 3) 社団法人関西電子工業振興センター電磁波障害分科会編：欧州EMC統一規格集1997年版