

FDTD法による無線周波数放射イミュニティ試験時の 機器内電磁界分布推定

黒川 悟^{*1}

井尻 和夫^{*2}

【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、IEC1000-4-3試験時の機器内部の電界強度分布を数値解析手法であるFDTD法により推定した。電波の到来方向に開口部を有する機器と、その開口部後方に配置されたグランド基板を有する機器について数値解析を実施し、試験時の誤動作のプロセスの一因と考えられる結果を得ることができた。

1 緒言

IEC規格におけるイミュニティ試験については、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年度には、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、電磁界センサを用いた試験時のボックス内の電界分布測定を実施し、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ている。

しかし、前年度に実施した実験では、問題となる現象の原因を特定することが困難であるため、平成10年度は、電磁界の時間領域解析手法であるFDTD法により試験時の機器内部の電磁界分布の詳細な推定を実施し、試験時の誤動作のプロセスの一要因と考えられる結果を得ることができたのでその概要を報告する。

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()

*1 機械電子課 技師

*2 機械電子課 専門員

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90%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。

3 FDTD法による数値解析方法

IEC1000-4-3試験時の誤動作プロセスの解析として、平成9年度実施した実験と同様のシールドボックスを仮定し、以下に示す状態での機器内部の電磁界分布推定をFDTD法(Finite Difference Time Domain Method)により実施する。

前面に開口部が存在する場合

- ・ 開口部の大きさ：16cm × 10cm

開口部1cm後方にリード線で機器内部導体面に一点で接地したグラウンド板が存在する場合

- ・ 開口部、グラウンド板の大きさ：16cm × 10cm
- ・ リード線：16cm × 2cm

開口部1cm後方に、開口部の各コーナ4点にリード線で接地したプリント基板が存在する場合

- ・ 開口部、グラウンド板の大きさ：16cm × 10cm
- ・ リード線：2cm

電磁波の放射は、長さ4cmのダイポールアンテナに1Vのインパルス電圧を印可する方法とし、シールドボックス内部の電界強度を観測する。

なお、アンテナ - シールドボックス間の距離は1m、シールドボックスは大きさ50cm × 50cm × 36cmとし、シールドに用いる材料の導電率を

$$= 1 \times 10^6 \text{ S/m}$$

と設定した。

また、FDTD法により解析する空間は、80cm ×

160cm × 80cmとし、それを2cm角の立方体で分割した。なお、解析する時間ステップは38.5ps、解析するトータル時間は77ns(2000ステップ)とした。

なお、FDTD法による解析には、RECOM社XFDTD5.0Bio-Proを用いた。

4 FDTD法による数値解析結果及び考察

3で示した設定においてFDTD法により数値解析を実施した結果を以下に示す。

4.1 扉に開口部が存在する場合

図1に機器内中心部の電界強度特性の計算結果を、図2にFDTD法での解析によって得られた、機器内部の電界分布の時間応答の一例を示す。

解析結果から、シールドボックス前面の開口部のエッジ部分での回折等により、内部に定在波起つことが原因と推定できる。

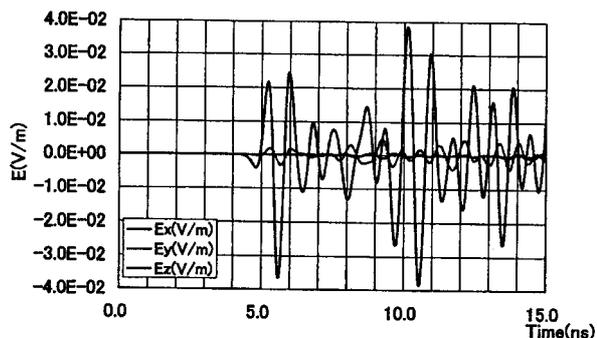


図1 前面に開口部がある場合のシールドボックス内部中心の電界強度

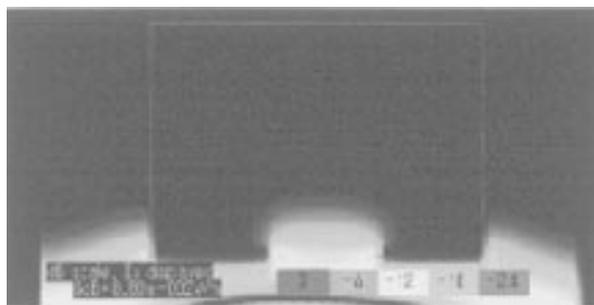


図2 - 1 110 Time step後の電界強度分布

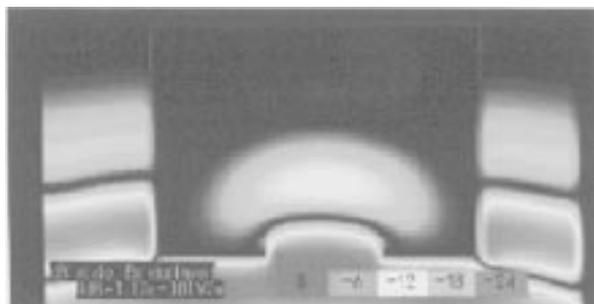


図 2 - 2 130 Time step後の電界強度分布

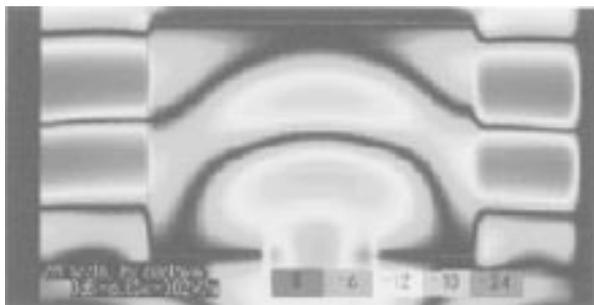


図 2 - 3 150 Time step後の電界強度分布

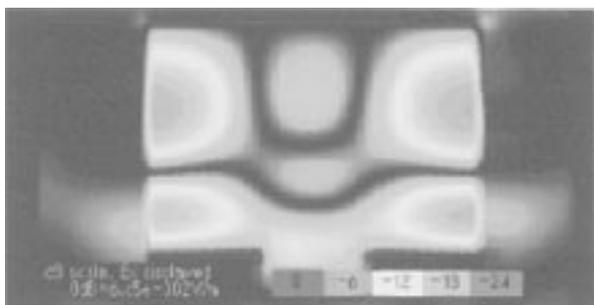


図 2 - 4 190 Time step後の電界強度分布

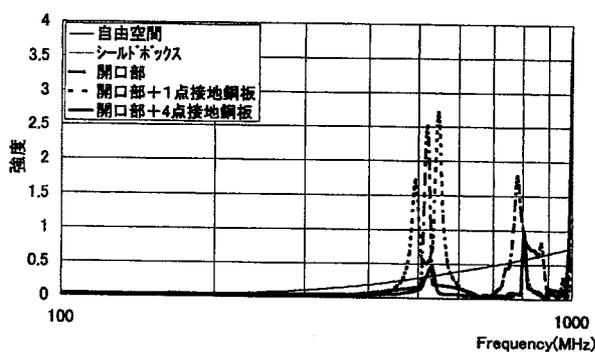


図 3 シールドボックス中心のアンテナと水平方向電界強度 (Ex) の周波数スペクトラム

図 3 に示すシールドボックス中心のアンテナと水平方向の電界強度 (Ex) の周波数スペクトラムの計算結果からも、この現象により、アンテナが

自由空間内に配置された場合の電界強度以上となることが判明した。

4.2 開口部の後方にリード線で機器内部導体面に一点で接地したグラウンド板が存在する場合

図 4 に機器内中心部の電界強度特性の計算結果を、図 5 に FDTD 法での解析によって得られた、機器内部の電界分布の時間応答例を示す。

解析結果から、シールドボックス前面の開口部後方のグラウンド板のグラウンド線が接続されている 1 点を境とした共振現象、未接地側の共振現象が現れ、内部に定在波が起つことが原因と推定できる。

図 3 に示すシールドボックス中心のアンテナと水平方向の電界強度 (Ex) の周波数スペクトラムの計算結果からも、この現象により、アンテナが

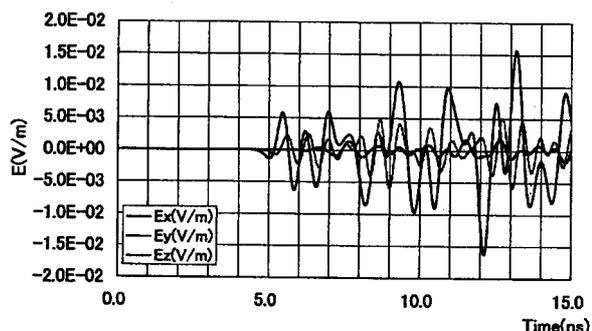


図 4 開口部後方にリード線で 1 点接地されたグラウンド板が配置されている場合のボックス内部の電界強度 (Ex)



図 5 - 1 110 Time step後の電界強度分布

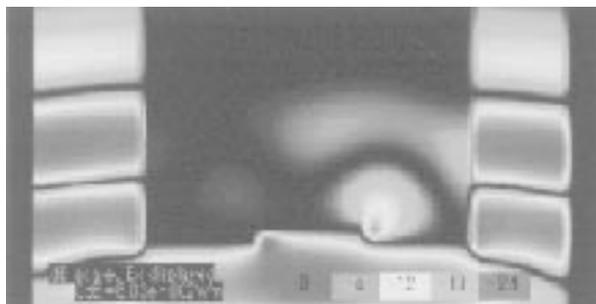


図5 - 2 140 Time step後の電界強度分布

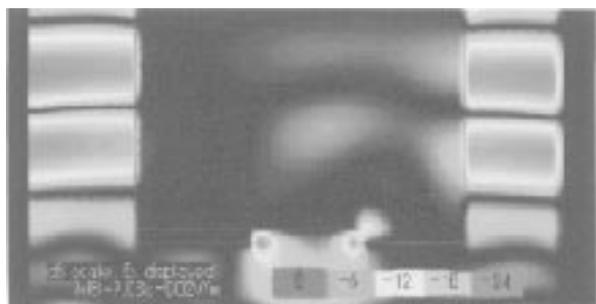


図5 - 3 150 Time step後の電界強度分布

自由空間内に配置された場合の電界強度以上となることが判明した。

4.3 開口部の各コーナ4点にリード線で接地したグラウンド板が存在する場合

図6に機器内中心部の電界強度特性の計算結果を、図7にFDTD法での解析によって得られた、機器内部の電界分布の時間応答例を示す。

解析結果から、開口部後方のグラウンド板のグラウンド線間の共振現象が現れ、内部に定在波が起つことが原因と推定できる。

4.4 考察

電気電子機器は、その多くが表示部等の開口部を有する。本研究で実施した4.1～4.3のFDTD法による数値解析結果を見ると、開口部がスロットアンテナのように振る舞い、その長さによる共振が起こり、それが機器内部に電磁波を放射し、機器内部で大きな強度の電磁界を発生してしまうことが判明した。

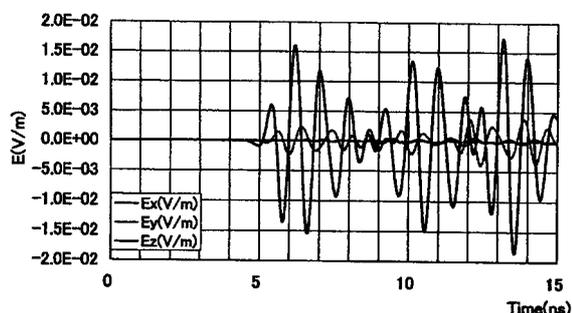


図6 開口部後方に開口部に4点接地されたグラウンド板が配置されている場合のボックス内部の電界強度 (Ex)

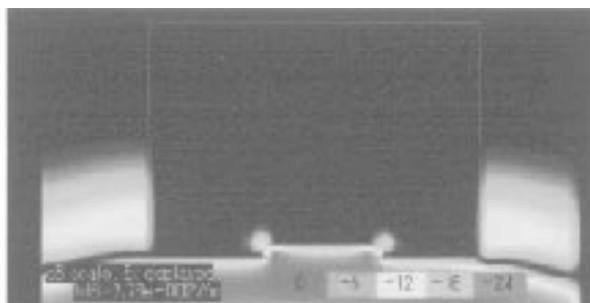


図7 - 1 120 Time step 後の電界強度分布

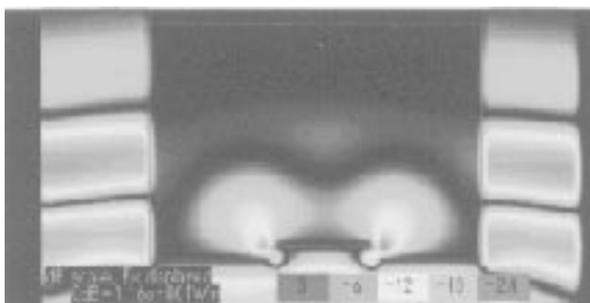


図7 - 2 140 Time step 後の電界強度分布

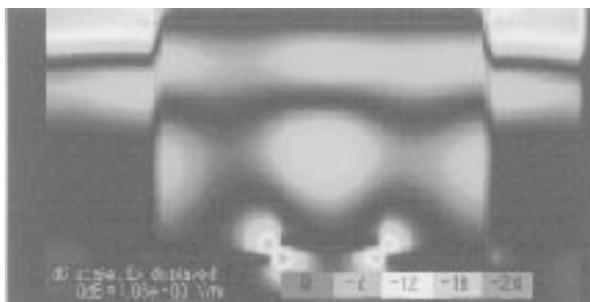


図7 - 3 170 Time step 後の電界強度分布

また、開口部後方にプリント基板等を配置する場合、その接地方法は、接地間隔による共振が起こり、それが機器内部に電磁波を放射してしまう

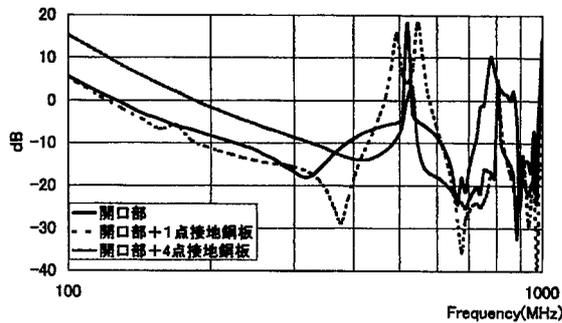


図8 機器内部中心の自由空間電界強度との比

ことが判明した。この場合、接地間隔は極力狭くすることが必要であることが明確になった。

参考までに、本研究により得られた、FDTD法による機器内部中心の電界強度の自由空間での強度との比を図9に示す。

なお本研究の評価結果は、電磁波の送受信特性が同じであることを考えると、機器内部に存在する不要電磁波発生源からの放射対策も、開口部等の処理、プリント基板の接地方法によって大きく変動するため、前述のイミュニティ対策時と同様の措置が必要であることが推定できる。

5 結言

本研究では、IEC1000-4-3試験時の誤動作プロセス解析として、試験時の機器内部の電界強度分布を時間領域での電磁界解析手法であるFDTD法による推定を実施した。

前年度に実施した実験では、電界センサを用いた測定であり、機器内部の1点での測定結果しか得ることが出来なかったため、定在波の発生プロセス等を推定することが困難であった。

当該研究で実施したFDTD法による数値解析により、IEC1000-4-3試験時の機器内部の詳細な電磁界分布とその発生プロセスを知ることができ、有効な機器の開口部の処理法、プリント基板のグランド接地法を知ることができた。

今後、本研究成果を企業の製造する機器のEMC

対策に応用するべく、依頼試験、機器貸付、研究会などを通じて、普及していくこととする。

(参考文献)

- 1) Karl S. Kunts, Raymond J. Lubbers, "The finite Difference Time Domain Method for Electro-Magnetics" CRC Press Inc, Boca Raton, USA.(1993)
- 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) Remcom Inc., "User's Manual for XFDTD the Finite Difference Time Domain Graphical User Interface for Electromagnetic Calculations", Version 5.0, December 1998.