

# シミュレーションによる電磁波シールド効果の有効性評価

電子技術部 電子システムチーム 原 孝 彦  
 技術支援推進部 交流相談支援室 白 井 亮  
 技術支援推進部 菅 間 秀 晃  
 技術支援推進部 日 高 直 美

本研究では、シミュレーションによる電磁波シールド評価の有効性について検討するため、市販の金属メッシュと多数の孔を開けた銅箔プリント基板について電磁波シールド効果（電界シールド効果および磁界シールド効果）を KEC 法により実測し、薄膜モデルを用いた電磁界シミュレーションとの比較を行った。その結果、金属メッシュの電界シールド効果については、実測値とシミュレーションが 10MHz～1GHz までよく一致した。一方、磁界シールド効果については、600MHz 以上で比較的近い値を示しているが、600MHz 以下では差が大きくなった。また、孔の開いたプリント基板の電界シールド効果については、400MHz 以下で最大 4dB 程度の差が見られたが、500MHz 以上では比較的近い値となった。さらに、磁界シールド効果については、全帯域にわたってシミュレーション結果の方が最大 7dB ほど高くなった。

キーワード：電磁波、ノイズ、シールド効果、KEC 法、電磁界シミュレーション

## 1 はじめに

近年、情報通信機器から発生する高周波ノイズや、太陽光発電用のインバータ・電気自動車等から発生する低周波ノイズが問題になっており、これに対応する電磁波シールド評価技術が必要不可欠となってきている<sup>1)</sup>。また、電磁界シミュレーションは使用する PC の高性能化に伴い実用的な解析が可能となってきた。本研究では、市販の金属メッシュと多数の円孔を開けた銅箔プリント基板について、電磁波シールド効果の測定方法として広く用いられている KEC 法<sup>2)</sup>により実測した値と電磁界シミュレーションによる解析結果を比較することで、シミュレーションによるシールド評価の有効性について検討を行った。

## 2 実験方法

本研究で評価対象にしたのは、図 1 と図 2 に示すように、①金属メッシュ（厚さ 0.47mm、メッシュのライン幅/ピッチ 0.2mm/1.3mm）と②多数の円孔を開けた銅箔プリント基板（円孔の直径 5.0mm、ピッチ 10mm、銅箔厚さ 0.035mm）である。

シールド効果の実測方法としては、実際に広く用いられている KEC 法を採用し、100kHz～1GHz までの電界と磁界のシールド効果を測定した。図 3 に KEC 法（磁界シールド効果）の測定原理図を示すが、測定時には電界・磁

界とも測定システムのダイナミックレンジ内で実測できていることを確認している。

シミュレーションには、有限要素法を用いたムラタソフトウェア(株)の Femtet (Ver.11)<sup>3)</sup>を使用した。KEC 法の測定治具を考慮した解析モデルを図 4 と 5 に示す<sup>4,5)</sup>。解析には電磁波解析ソルバーを用い、周波数範囲は 10MHz～1GHz とした。なお、電磁波解析ソルバーでは 10MHz 以下は解析が収束しないため対象外とした。

今回の解析モデル作成に際し、金属メッシュについては現実の太さのワイヤーを用いるとメッシュセルが細かくなりすぎるため、厚みのない薄膜モデルを用いてアルミ箔に多数の孔を開けたサンプルとして行った。同様に円孔の開いたプリント基板についても、銅箔（薄膜モデル）に実際の大さの孔を開けたモデルとした。なお、どちらのモデルも薄膜モデルとしたため外部パラメータとして厚みと導電率を与え、金属メッシュの導電率はアルミニウムと同じ  $3.56 \times 10^7$  (S/m)、銅箔の導電率は  $5.8 \times 10^7$  (S/m) とした。

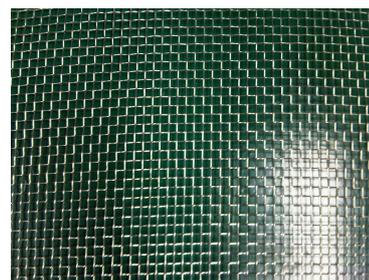


図 1 金属メッシュ

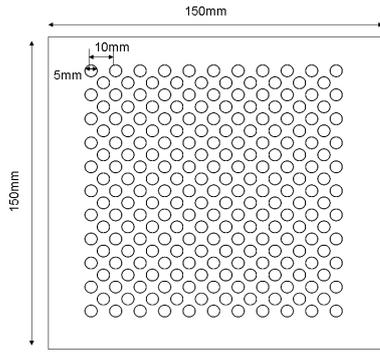


図2 孔の開いた銅箔プリント基板

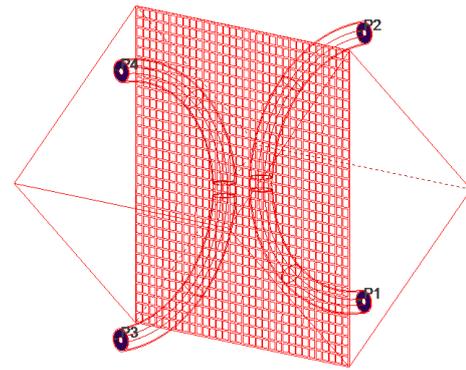


図5 シミュレーションモデル (磁界用)

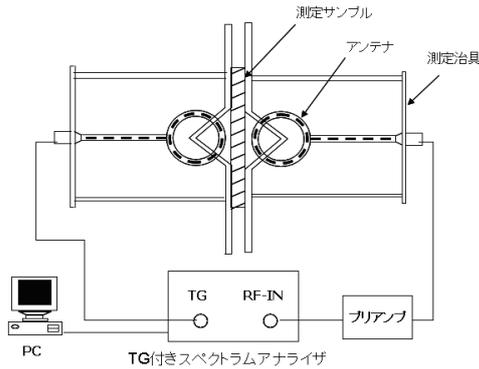


図3 KEC法の測定原理図 (磁界シールド)

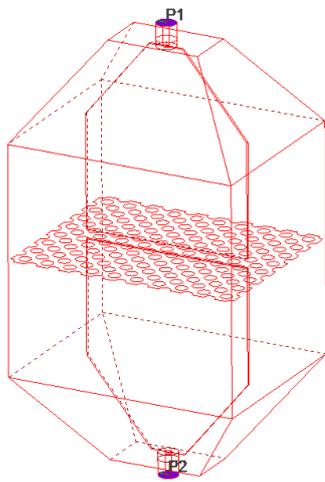


図4 シミュレーションモデル (電界用)

### 3 結果

#### 3.1 金属メッシュの測定と解析

電界シールド効果についての KEC 法による実測値と Femtet による電磁界シミュレーションの結果を図 6 に示す。電界については、実測値とシミュレーションがよく一致していることがわかる。

同様に、磁界シールド効果についての結果を図 7 に示す。磁界については、600MHz 以上の周波数では比較的近い値を示しているが、600MHz 以下となるとシミュレーションの方が大きくなり、さらに低周波になるほど差が大きくなることがわかった。

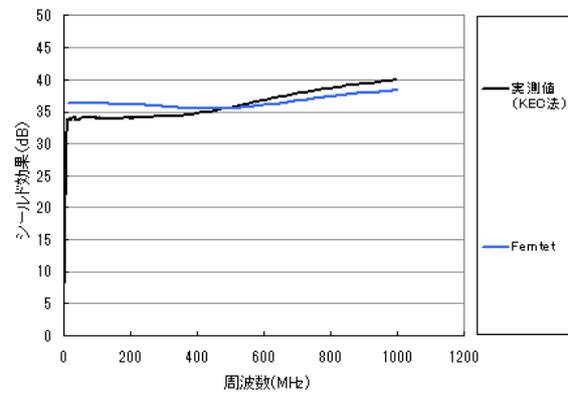


図6 金属メッシュのシールド効果 (電界)

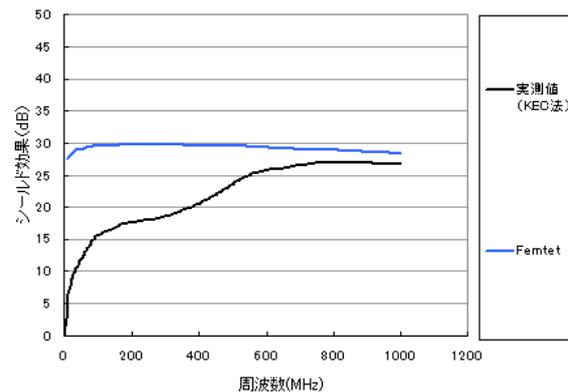


図7 金属メッシュのシールド効果 (磁界)

### 3. 2 孔の開いた銅箔プリント基板の測定と解析

図8に電界シールド効果についてのKEC法による実測値と電磁界シミュレーションの結果を示す。電界については、実測値とシミュレーションは400MHz以下で最大4dB程度の差が見られるが、500MHz以上では比較的近い値となっている。

同様に、磁界シールド効果についての結果を図9に示す。磁界については、全帯域にわたってシミュレーション結果の方が最大7dBほど高くなった。これは、シミュレーションで基板の誘電体部分(材質FR-4, 厚さ1.6mm)を考慮していないため、KEC法による実測とアンテナ間の距離が異なるためではないかと考えられる。

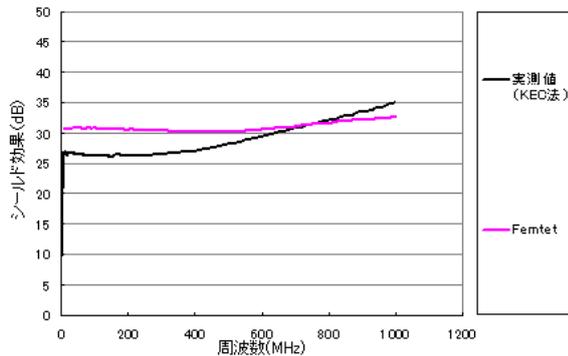


図8 孔の開いた基板のシールド効果(電界)

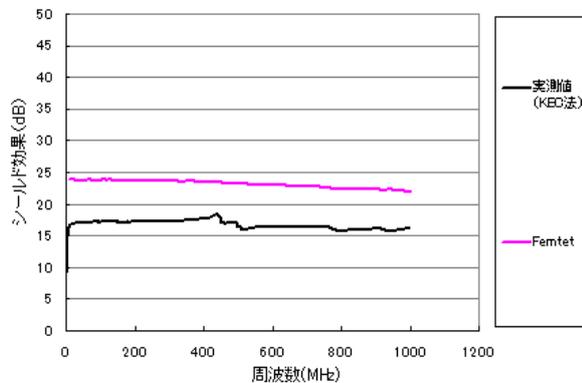


図9 孔の開いた基板のシールド効果(磁界)

## 4 おわりに

本研究では、電界・磁界シールド効果の実測方法としてKEC法を用い、Femtetの電磁波解析ソルバーによるシミュレーションとの比較・検討を行った。シミュレーションモデルとしては、薄膜モデルに多数の孔を開けたサンプルとして解析を行った。

今後は、電磁波解析ソルバーで解析可能な10MHz～1GHzの範囲についてさらなる検討を進めるとともに、磁場解析ソルバーや電場解析ソルバーを用いて100kHz～10MHzの範囲におけるシールド効果についても比較・検

討を行う予定である。

## 文献

- 1) 清水 康敬, 杉浦 行 “電磁波妨害の基本と対策”, 電子情報通信学会, 118～122, (1995).
- 2) KEC法の紹介ページ <http://www.kec.jp/emc/kec-method.html>
- 3) ムラタソフトウェア(株)のページ <http://www.muratasoftware.com/>
- 4) 松原 智樹, 西方 敦博, 清水 康敬, 山中 幸雄; 磁界シールド効果測定法(KEC法)の計算モデル 信学技法, 28, (1999-12)
- 5) 松原 智樹, 西方 敦博, 山中 幸雄; 電界・磁界シールド効果測定器(KEC法)の集中定数等価回路 信学技法, 55, 57, (2001-03)