

## シールド材評価装置の電磁波シミュレーション解析

小磯賢智\*, 濱口聡\*, 水谷誠司\*

### Electromagnetic Wave Simulation Analysis of Shield Evaluation Equipment

Kenchi KOISO, Akira HAMAGUCHI and Seiji MIZUTANI

#### 1. はじめに

電子機器の小型化・高性能化にともない、近年では動作処理能力の高い装置類が身近に存在するようになった。動作周波数の高速化にともなう電子機器への影響は、集積回路素子やデバイスに不要な信号を重畳させ誤動作をおこす要因となり、また回路上に現れない配線同士の電磁的結合によって信号劣化をもたらすことから、今日のデジタル社会では EMC(Electro Magnetic Compatibility)対策を事前に考慮した設計を行うことが必至となっている。

電子回路動作時の電磁的影響を視覚的にとらえるツールとして電磁波シミュレーターがある。これは主に高周波回路設計において、回路特性や電磁場の振舞いを見て試作や調整等に生かすツールである。本研究では電磁界シミュレーターを用いて、実際のシールド評価装置本体を対象に、シールド効果測定時における特定周波数帯で観測される特異な波形信号の原因を探るための検証を行った。

#### 2. 実験方法

実験方法として図1のシールド試験評価装置を用いて付属のプラスチック板についてシールド測定を行い、そのシールド効果について調べた。

##### 2. 1 シールド試験評価装置

シールド試験評価装置は金属製の箱形筐体で、上蓋が上下方向に開閉する。全体の大きさは 480(W)×440(H)×400(D) mm で、筐体中央には測定対象となる正方形板状に加工したプラスチック板（以下、供試体）をレールガイドに沿って上から挿入し、各四辺がすべて接地してインピーダンスが低くなった

状態で測定をおこなう。装置下部には信号を送受信するための BNC 端子が入力と出力側にそれぞれ1つあり、その信号をシールド装置中央にある2つの微小ダイポールアンテナによって、一方のアンテナから信号を注入し電磁界を発生させ、もう一方のアンテナで供試体を通過した信号を受信する。全体としては中央の2つのアンテナに供試体が挟まれた状態でシールド効果の測定を行うことになる。この装置の測定可能周波数範囲は 10MHz~1GHz である

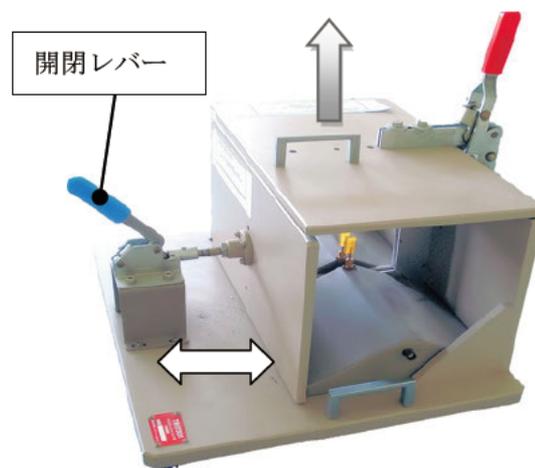


図1 シールド試験評価装置

が、100MHz 以下の低周波領域では、感度の異なるプローブと交換することで、より厳密な測定が可能となる<sup>1)</sup>。またこの装置を用いたシールド試験方法は一般にアドバンテスト法と呼ばれている。

##### 2. 2 測定方法

実際のシールド測定は、図2のような機器構成でデータ取得を行っている。VNAはベクトルネットワーク

\* 電子・機械研究課

ークアナライザであり、マイクロ波領域における材料の反射応答や減衰特性を調べる計測装置である。今回の供試体のシールド測定の場合では、材料のシールド効果を示す S パラメータ透過測定を行った。

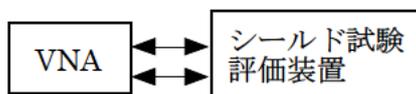


図 2 シールド材測定における機器構成

### 2. 3 測定結果

供試体の測定結果は図 3 のようになった。横軸は周波数で 300MHz~1GHz までの測定範囲を示し、縦軸は信号の強さであるデジベル(dB)で基準からの相対値を示している。この場合の基準とは 300MHz から開始する平坦な値を指している。グラフは透過係数を示す S21 を示しており、720MHz で約 6dB の極大値を指すことが読み取れるが、これは測定開始時の 0dB より透過波の方が大きな信号として伝送されたことを意味している。

一般的にシールド材に電磁波(Ei)が入射すると、表面で一部が反射され、残りが内部に進入することで、材料内部では信号が指数関数的に減衰しながら裏面まで伝搬し、その一部が裏面に透過波(Eo)として出てくる。そのシールド効果(SE)としては(1)式で表される<sup>2)</sup>。つまり透過波は入射信号から減衰することはあっても増幅することはない。

$$SE(dB) = -20\log(E_o/E_i) \quad \dots (1)$$

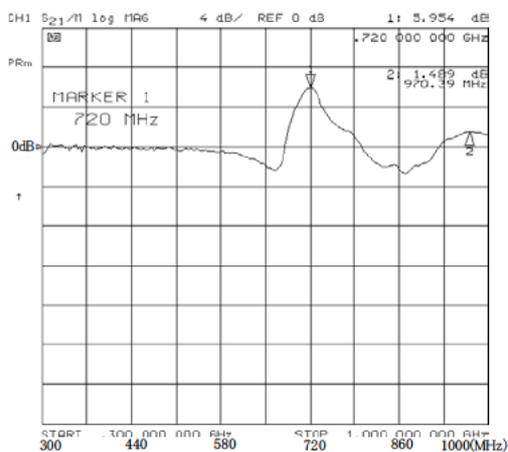


図 3 プラスチック板の透過測定

この供試体のシールド効果については、測定結果から見てもほとんど期待できないことが分かる。つまりグラフ中央の 580MHz 以降にかけて、わずかに降下する部分が見られるものの、基準よりわずか 2dB 程度の減衰であり、電磁シールド効果として期待できるのが一般的に 10dB 以上であることから、測定値は誤差の範囲であると言える。

### 3. 電磁波シミュレーション解析

VNA の結果から 720MHz 付近に起きる異常な現象について、電磁界シミュレーターによるシールド筐体の解析を試み、その根拠となる原因を探った。

#### 3. 1 シミュレーションモデル

電磁界シミュレーションソフトとして S-NAP Suite<sup>3)</sup>を用いて解析を行った。シールド装置の 3次元解析モデルを図 4 に示す。実際のシールド筐体は横向きであるが、解析の都合から直立モデルとして構築している。

図 1 で特に測定に影響を及ぼすと考えられる部分

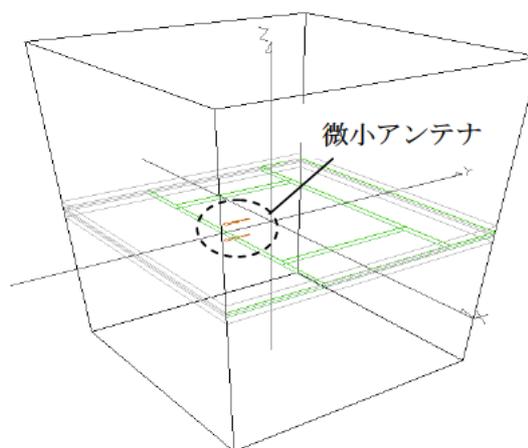


図 4 シールド装置の 3次元解析モデル

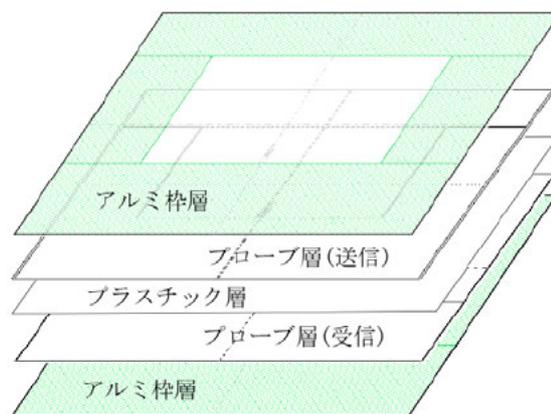


図 5 5層構造モデル

である図 4 のアンテナ付近の中段領域は図 5 のような 5 層区分の構造とした。中央は供試体を 1 層化して誘電率を与え、それを両側から挟むように中央に四角穴の開いたアルミ枠層を 2 層、また送受信のためのアンテナプロープを送受信側に各 1 層とした。

### 3. 2 解析結果

図 4 の解析モデルに基づいて周波数応答範囲として 300MHz~1GHz に設定し、S11 および S21 による応答を求めた。解析マトリクス数は約 3000 で、解析の所用時間は平均 20 時間である。

図 6 に電磁界シミュレーションによって得られたシールド評価装置の解析結果を示す。このグラフから 720MHz 付近で S11 と S21 が互いに大きくクロスする部分が見られた。さらにこの周波数付近を拡大したものを図 7 に示す。

この結果から 720MHz 付近で S11 の反射影響の減少と S21 による伝送度の強い結合が見られる。つまりこの周波数付近では筐体反射が弱まり、受信側

の応答性が高まることが読み取れる。

さらに、この共振が生じている周波数付近の電磁界密度の強度の様子を図 8 および図 9 に示す。

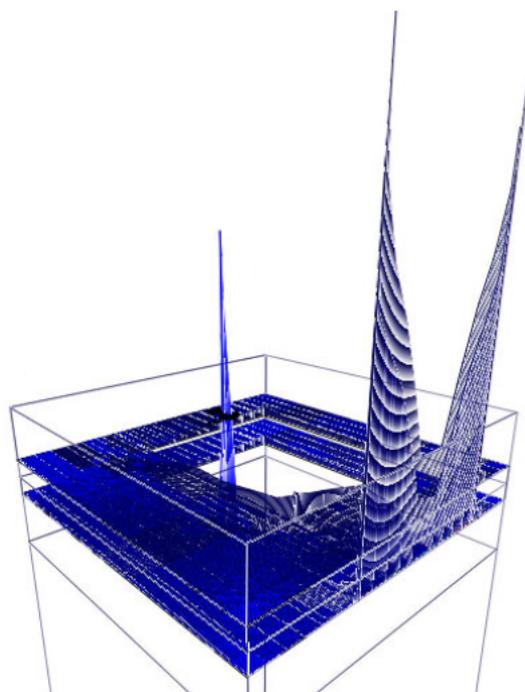


図 8 700MHz 付近の電流密度の様子

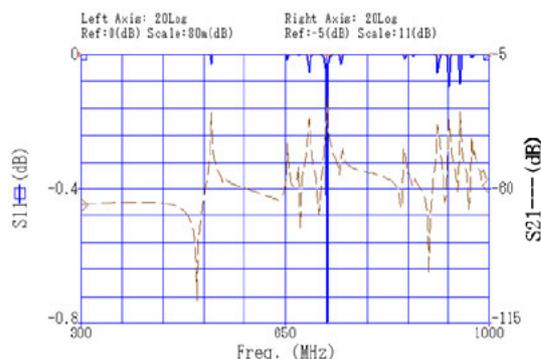


図 6 シールド評価装置の解析結果

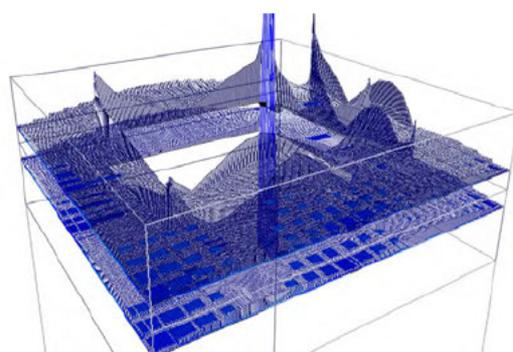


図 9 900MHz 付近の電流密度

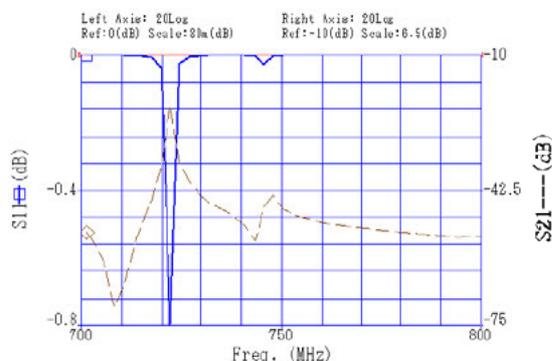


図 7 共振点付近の拡大

これらの図は電流密度の大きさに比例して、その場所に現れる波高値を示しており、共振周波数付近ではプローブおよびアルミ枠付近からは非常に大きな電界が発生していることがわかる。

### 4. 考察

VNA を用いた供試体の S21>0(dB)が計測される現象について、シミュレーション結果からは特定周波数においてシールド筐体内に強い共振現象が起きていることが分かった。一見、透過波が元の伝送信号よりも増幅しているかのように見えるが、通常の電力 S パラメータは能動素子が内部に存在しない限

りはプラスには起こり得ないことである。VNA での測定結果は限られた周波数の一部を見ているに過ぎず、トータルのエネルギー量としてはゼロになると思われる。

解析の結果から、特定周波数においては負荷の条件次第によって出力側に誘起される電圧が入力を上回ることも考えられる。ただしこれは同シールド装置を用いた場合の結果であり、一般的なシールド素材の利用場所としてこのようなシールド装置に対して同じ位置かつ同条件でシールド効果の用途を求めることは考えにくいことから問題になることは少ないと思われる。

シミュレーション解析ではモデル化可能な大きさと解析要素数の限界があるため、簡易的なモデルとなっているが、実際のシールド評価装置は複雑な形状をしており、これらの誤差から実験結果とすべてが一致することは困難である。しかしながら電磁波環境で起きる現象については、このような簡易モデルであっても、ある程度の結果は得られることが分かり検証ツールとして有効であることがわかった。解析の精度については構造の複雑さと要素メッシュの粗さによるトレードオフの関係にあるために今後の研究により適切な関係を見いだすことが求められる。

## 5. まとめ

プラスチック板を供試体としたシールド評価装置による測定を行い、その評価装置に対して電磁界シミュレーターによる電磁波発生現象について検証を行った結果、これまで原因不明であったシールド筐体内に起きる共振現象について、VNA 測定から特異な周波数モード値での信号変化が見られ、筐体に依存する電磁波振動モードが起きていることが分かった。この結果から一部の周波数帯において問題となる現象が発生することが判明したが、この現象はシールド効果の比較的少ない供試体の測定時に時折見られていたことから、今後装置を利用する場合はそのような影響を踏まえて値を考慮することが必要である。またシールド効果が概ね 10dB 以上の供試体については筐体による測定影響は見られない。このように電磁界シミュレーターは測定結果だけでは推測が困難な物理現象について、事象を検証することができる有用なツールであることが分かった。

## 参考文献

- 1) 株式会社アドバンテスト：“TR17301 取扱説明書”。(1982)
- 2) 西方敦博：“電磁遮蔽の基礎から応用まで”。分野別 EMC ソリューション, 7, ミマツコーポレーション, p115-116(2002)
- 3) 株式会社エム・イーエル：“S-NAP Suite Release5”。(2007)

(本研究は法人県民税の超過課税を財源としていません)