

電波暗室を利用した高周波シールド特性評価法に関する研究

－無線LAN帯に対応したシールド材の開発と評価－

上野大介* 戸枝保* 能戸崇行* 匂坂剛* 宗形隆史* 林兼芳**

Study on the Shield Characteristic Evaluation Method in the Anechoic Chamber

－ Development and evaluation of shield materials corresponding to a wireless LAN zone －

UENO Daisuke*, TOEDA Tamotsu*, NOTO Takayuki*,
SAGISAKA Takeshi*, MUNAKATA Takashi*, HAYASHI Kaneyoshi**

抄録

実験室内で MIL-STD285 に準拠した電磁波シールド測定を実現するためには、試料を取り付けられる測定専用のシールド壁面などの特殊な設備が必要である。本研究では、電波暗室を利用し、シールド材を透過した電磁波のみをタイムゲート処理で抽出することにより、遠方界における電磁波シールド材の測定を実現した。また、測定条件を検討することにより、ジグ内部反射、偏波による回り込みなどの影響を低減できた。その結果、1～6GHzで70dB程度の遮蔽率がある電磁波シールド材を測定可能な装置を開発し、50dBの電磁波遮蔽能力がある電磁波シールド材を開発した。

キーワード：電波暗室，電磁波シールド材，タイムドメイン法，MIL-STD285，KEC法

1 はじめに

近年、情報化社会も本格化しネットワーク環境や情報サービスが充実してきた。特に、無線LANが企業・家庭に急速に普及したことにより、ユビキタス環境の実現というメリットがある反面、セキュリティインシデントが発生するおそれがあるなどのデメリットもあり、快適で安全な無線通信環境の実現には電磁波シールド材の適切な使用が不可欠となりつつある。しかし、電磁波シールド測定法として広く用いられている米国軍用規格 MIL-STD285 に準拠した測定を実現するためには特殊な施設や装置が必要である。本研究ではセンター所有の電波暗室の自由空間を利用し、電磁波シールド特性を測定する方法について検討した。

* 電子情報技術部

** (株)サンケイ技研

2 実験方法

2.1 測定方法

本研究で使用した機器を表1、測定装置の外観を図1、測定系の概要を図2に示す。アンテナ測定物間の距離は500mm、ジグ開口部（試料取り付け部分）の大きさは260mm×260mmとし、ベクトルネットワークアナライザ（以下VNAと表記する）とアンテナを接続した。測定ジグ（図2太線部分）は形状の変更を行いやすいようシールド布を用いて作成した。ジグに試料を取り付けた場合（図1の状態）と試料を取り外した状態の受信強度の比を遮蔽率として測定を行った。

表1 使用機器

品名	メーカー	品番
アンテナ	SCHWARZBEC	BBHA9120B
ケーブル	HUBER+SÜHNER	SUCOFLEX
VNA	Agilent	8753ES
電磁波吸収体	E&Cエンジニアリング	AN-75
シールド布	森本化成	Emi-Shield



図1 測定装置の外観

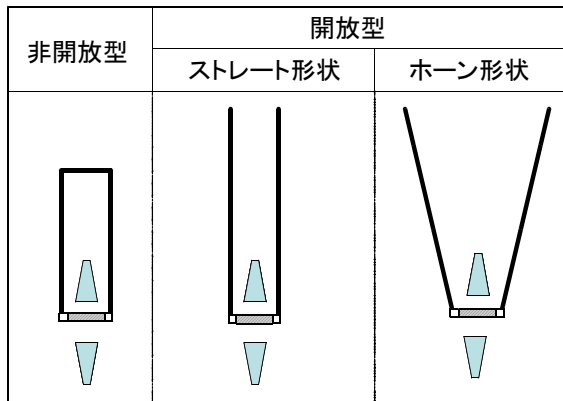


図2 測定系の概要

2.2 測定試料

本研究で測定した電磁波シールド材の配合を表2に示す。寸法は 350mm × 350mm であり、これらの測定試料は(株)サンケイ技研で開発中のゴム製シールド材である。

表2 配合 (phr) 及び厚み (mm)

材料名	メーカー	試料	
		A	B
NBR230S	JSR	100	100
酸化亜鉛	境化学工業	5	5
ステアリン酸	-	1	1
BESFIGHT MC-HTA-C6-US	東邦テナックス	-	50
硫黄	境化学工業	4	4
アクターR	川口化学工業	1	1
Si69	デグッサ	2	2
計		113	163
厚み		3.52	3.45

3 結果と考察

3.1 タイムドメイン測定の検討

3.1.1 タイムゲート処理

図2の非開放型のジグを使用し、試料Bの電磁波遮蔽率を測定した結果を図3に示す。ジグ内壁での反射などの測定ノイズの影響で波形が乱れて

おり、試料Bが測定できる測定レンジを確保できていないことがわかる。

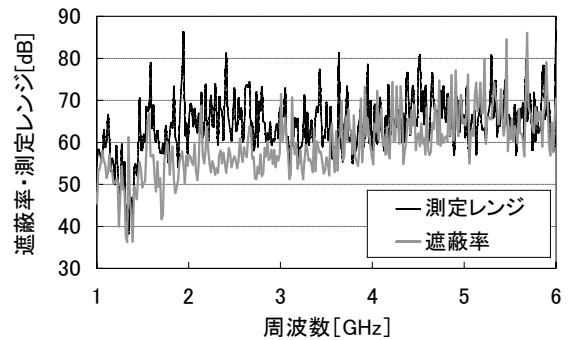


図3 試料B 電磁波遮蔽率

通常、シールドルームで MIL-STD285 に準拠した測定を実現するためには、試料を取り付けられる測定専用のシールド壁面などの専用設備が必要である。本研究では、シールド材を透過した電磁波のみを抽出することにより、専用の設備がなくとも電磁波遮蔽率を測定できると考えた。

そのためには、VNA の測定結果の位相情報を用いて到達時間の差として抽出するタイムゲート処理¹⁾が有用と考えられる。センターの VNA はタイムドメイン機能がないので、この処理を PC 上で行った。まず、PC 上で仮想的に与えたパルス出力をフーリエ変換し、VNA により得られた伝達特性を適用する。これを逆フーリエ変換することにより、時間軸上の受信波形が得られるので、透過波部分のみを取り出す。これをフーリエ変換することにより、不要な回り込みなどを除去した透過波の周波数特性を得る。図2の非開放型のジグでの、タイムゲート処理の有無における測定レンジの比較を図4に示す。

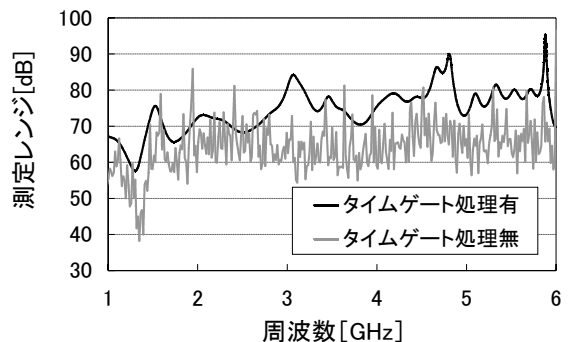


図4 タイムゲート処理の効果

タイムゲート処理を行った結果、全帯域で波形

がなめらかになり、3GHz以上の周波数帯で測定レンジが15dB程度広がった。また、タイムゲートを使用することにより、ジグを非開放型としなくても、時間軸上での到達時間の差として、ジグ後部からの回り込みを除外できるので、開放型ジグでの測定が可能であると考えられる。そこで、3.1.2以降の測定は図2のホーン形状で測定した。

3.1.2 測定ポイント数の検討

タイムドメイン測定を行う場合、サンプリングポイント数で時間の長さが決まり、終了時間を越えた波形は開始時間に回りこむ。サンプリングポイント数401と801の時間軸波形比較を図5に、周波数軸での測定レンジ比較を図6に示す。

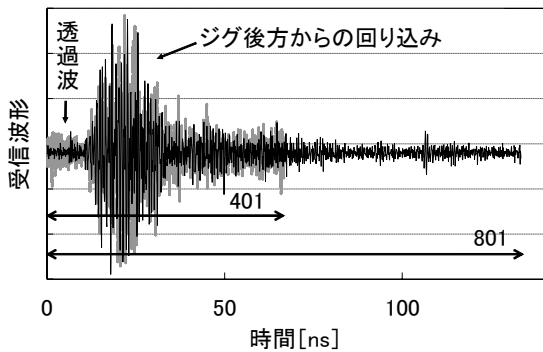


図5 時間軸でのサンプリングポイント数比較

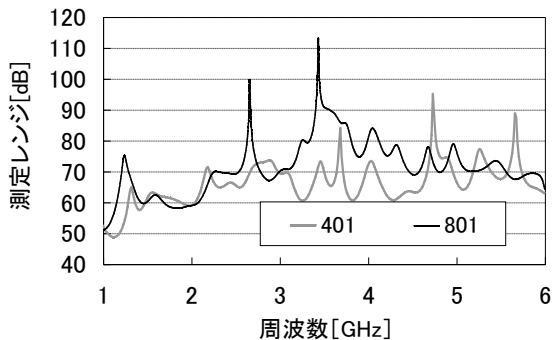


図6 周波数軸でのサンプリングポイント数比較

終了時間の波形を比較すると401ポイントに比べ801ポイントは収束していることがわかる。その結果として、4GHz付近で測定レンジが10dB程度広がった。そこで、3.2以降の測定は801ポイントでサンプリングしたデータで測定した。

3.2 ジグ内壁反射の抑制

図5では回り込みの波形が大きく、終了時間における波形の収束にも影響していると思われる。そこで、図7のようにジグ内壁に電磁波吸収体を

組み込み、測定した結果を図8に示す。



図7 ジグ内部に組み込んだ電波吸収体

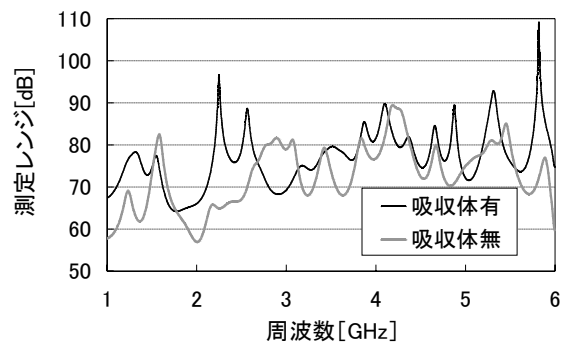


図8 吸収体有無における測定レンジ比較

2GHzおよび6GHz付近で測定レンジが10dB程度広がった。そこで、3.3以降の測定はジグ内壁に電磁波吸収体を組み込んで測定した。

3.3 電磁界の解析

垂直偏波における電磁界の様子をFDTD法(MAGNA/TDM)により解析した結果を図9に示す。

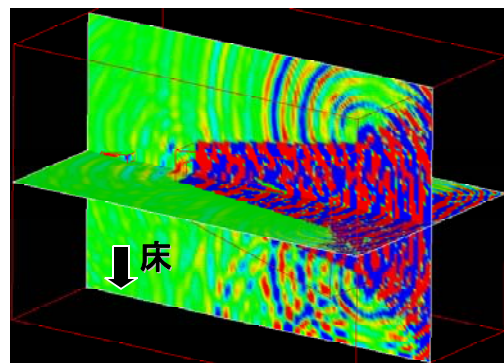


図9 電磁界(垂直偏波)の様子

電磁波の回折は、TE波に比べTM波が強く²⁾、図9のジグ開放端部でもこの現象がみられる。また、センターの電波暗室は半無響室(床が金属板)

なので、床反射の影響で電磁界が乱れ、回り込みが強まっている。よって、床反射の影響を低減するには水平偏波が有利であると考えられる。偏波による測定レンジ比較を図 10 に示す。3GHz 付近で測定レンジが 10dB 程度改善したので、3.4 以降の測定は偏波を水平にして測定した。

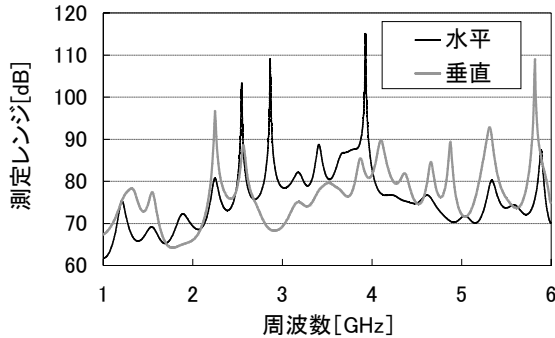


図10 偏波による測定レンジ比較

3.4 ジグ形状の検討

ジグ形状による測定レンジの比較検討をするため、図 2 の 3 種類のジグによる測定レンジ比較を図 11 に示す。

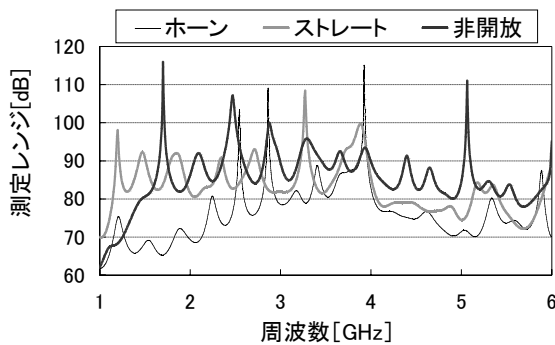


図11 ジグ形状による測定レンジの違い

3GHz 以下ではホーン形状の測定レンジが他の形状に比べて 10dB 程度小さくなった。ホーン形状はストレート形状に比べ電磁波を送受信しやすいので、不要な回り込みなどの影響が大きいと思われる。

3.5 差し引き処理の検討

電磁波吸収体の研究では、タイムゲート処理で取り除くことが難しい不要成分を時間軸波形において差し引く処理を行い、その効果があった²⁾。

本研究でも、十分な遮蔽性能がある電磁波シールド材を測定する場合に差し引き処理が有用であると考えられる。そこで、シールド性能が高いシ

ールド材に代えて模擬的に 1mm 厚のアルミ板を使用して測定を行った。この処理の有無による測定レンジの周波数特性比較を図 12 に示す。3GHz 以下の周波数帯において測定レンジが 10dB 程度改善した。シールド材を使用した測定でも効果がある可能性があると考えられる。

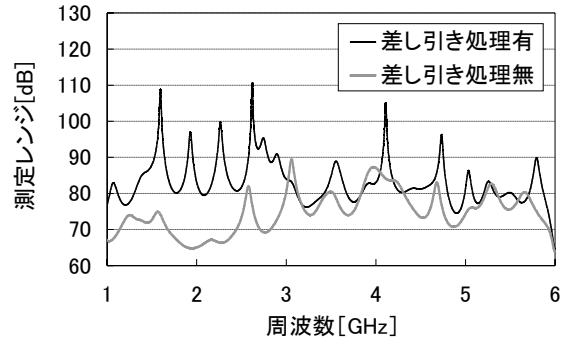


図12 時間軸での差し引き処理比較

3.6 電磁波シールド材の開発

表 2 の試料 A, B の測定を行った結果を図 13 に示す。

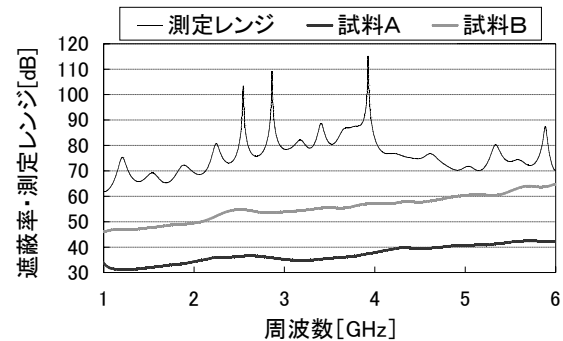


図13 試料の電磁波遮蔽率

試料 A に比べ、試料 B が 20dB ほど高い遮蔽率だった。これは試料 B に配合したニッケル被覆のカーボンファイバーである BESFIGHT MC-HTA-C6-US が遮蔽率を高めたと考えられる。

3.7 KEC法での測定結果との比較

センター所有のシールド材料特性評価装置（以下 KEC 法とする）と本研究の手法での測定結果を比較し、表 3 に示す。本研究の手法と KEC 法の電界の測定結果がほぼ一致したが、磁界は異なる結果となった。この比較方法では、電磁界や空間などの測定条件が異なるため、MIL-STD285 と比較し、測定精度を確認する必要がある。

表3 KEC法と本研究の比較 (単位dB)

測定周波数 1GHz		KEC法		本研究の 手法
		電界	磁界	
電磁波遮蔽率	試料A	35.7	18.8	33.3
	試料B	44.7	27.8	46.2
電磁界		近傍界		遠方界

4 まとめ

センターの電波暗室において、電磁波シールド特性評価法について検討したところ、次のようなことが分かった。

(1) タイムゲート処理

タイムドメイン機能を有さないネットワークアナライザーから取り出した伝達特性測定結果をPC上でタイムゲート処理した。シールド材を透過した電磁波のみを抽出することにより、専用の設備がなくとも、遠方界における電磁波シールド材の測定が可能だった。

(2) 電磁界解析によるジグの改良

測定条件を検討することにより、ジグ内部反射、偏波による回り込みなどの影響を低減できた。その結果、1～6GHzに70dB程度の遮蔽率がある電磁波シールド材を測定できる測定システムを開発することができた。

(3) 測定結果を材料開発にフィードバックすることにより、1～6GHzで50dBの電磁波遮蔽能力がある電磁波シールド材を開発することができた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、客員研究員として御指導を頂いた、青山学院大学工学部橋本修教授に心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 橋本修：電磁波吸収体入門，森北出版，(1997)
98
- 2) 上野大介，戸枝保，土生拓史：電波暗室を利用した電磁波吸収体測定技術に関する研究，埼玉県産業技術総合センター研究報告，3，(2005)