

ノート

マイクロ波帯における電波吸収体の評価法の開発

藤原 康平^{*1)} 志水 匠^{*1)} 小林 丈士^{*1)}

Development of evaluation method for a wave absorber in microwave

Kohei Fujiwara^{*1)}, Takumi Shimizu^{*1)}, Takeshi Kobayashi^{*1)}

キーワード：電波吸収体，ミリ波，電磁界シミュレーション，複素誘電率，複素透磁率

Keywords：Wave absorbent material, Mm-wave, Electro-magnetic simulation, Complex dielectric constant, Complex magnetic permeability

1. はじめに

ノイズ対策用途の電波吸収体は市場に多く出回っているが、マイクロ波，ミリ波に対応した電波吸収体は市販されている物が少ない上に、複素誘電率などの特性が公開されていない場合が多い。したがって、ノイズ周波数に対応した電波吸収体の選択が試行錯誤的であり効率が悪かった。

そこで、本研究ではアンテナ暗室内をモデル化し電磁界シミュレーションで電波吸収体の透過減衰率を計算し、実測値と比較する事でマイクロ波からミリ波帯までの電波吸収体の有効な評価方法の開発を行った。

2. 研究内容

本研究では以下の三項目を実行し、アンテナ暗室での測定と電磁界シミュレーション結果との近似性を調査しマイクロ波からミリ波帯までの電波吸収体評価方法を開発する。

- 1) 各試料のアンテナ暗室内における遠方界での透過減衰特性の測定
- 2) 各試料の複素誘電率と複素透磁率を0.5 GHzから50 GHzまで測定
- 3) 各試料の電波吸収特性を電磁界シミュレーション

3. 測定

3.1 アンテナ暗室内における遠方界での透過減衰率測定

(1) アンテナ暗室内での測定系の構築 アンテナ暗室内で電波吸収体の透過減衰特性の評価系を図1に示す。

送信アンテナと試料である電波吸収体は、送信アンテナから101.5 mm離して設置する。また、送受信アンテナ間の距離は2.95 mである。試料の保持は絶縁物で構成する必要があり、硬質発泡スチロールで基台を製作し、角度と位置をマイクロメータで微調できるステージを用意して測定を行った。

透過減衰率は、ステージに何も取り付けない状態で透過減衰率を測定する。次にステージに試料を取り付けて透過減

衰率を測定する。それらの差分を試料の透過減衰率とした。

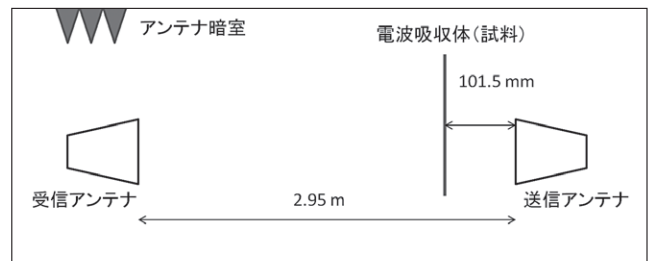


図1. アンテナ暗室内における測定系

(2) 試料の測定結果 試料は、アクリル板(厚さ1.47 mm)、ベニヤ板(厚さ12.03 mm)、電波吸収体(MG10A, 厚さ0.5 mm)を用いた。この結果から、25 GHz~30 GHzにおいてアクリル板の透過減衰率が、電波吸収体と比較して最も小さい事が確認できた。

3.2 各試料の複素誘電率と複素透磁率の測定 複素誘電率と複素透磁率はベクトルネットワークアナライザ(VNA)でSパラメータを測定し、それを演算して算出する。試料のSパラメータの測定は、同軸管法、フリースペース法、導波管法を採用した。

フリースペース法は、送受信アンテナを対向させその中点に試料を設置してSパラメータ計測を行う手法であり、試料面積が大きい場合や試料を加工せずに測定が行える。同軸管法と導波管法はそれぞれ試料を同軸管及び導波管の断面形状に合わせて加工し、試料のSパラメータを計測する。アクリル板の加工を省くためにフリースペース法を、電波吸収体は厚さ1 mmであり導波管内に安定して保持させる事が困難なので同軸管法を採用した。

試料の測定結果として、表1にフリースペース法で測定したアクリル板の複素誘電率と複素透磁率を、表2に導波管法で測定したベニヤ板の複素誘電率と複素透磁率を、表3に同軸管法で測定した電波吸収体の複素誘電率と複素透磁率を示す。なお、表の結果は実部と虚部それぞれ正である値を掲載し、負となった結果はN/Aで表す。

表1. フリースペース法で測定したアクリル板の複素誘電率と複素透磁率

周波数	ϵ_r	ϵ_r^*	μ_r	μ_r^*
29.11 GHz	2.444	0.032	1.089	0.021
33.18 GHz	2.510	0.013	1.064	0.003

表2. 導波管法で測定したベニヤ板の複素誘電率と複素透磁率

周波数	ϵ_r	ϵ_r^*	μ_r	μ_r^*
50 GHz	2.026	0.083	N/A	N/A

表3. 同軸管法で測定した電波吸収体の複素誘電率と複素透磁率

周波数	ϵ_r	ϵ_r^*	μ_r	μ_r^*
18 GHz	308.91	66.13	0.868	0.589

4. 電波吸収特性を有する試料の電磁界シミュレーション

4.1 シミュレーションモデルの作成 透過減衰率の電磁界シミュレーションは、Agilent社のEMPro2011のFDTD (Finite-Difference Time-Domain method) エンジンを用いた。このエンジンは、GPU上で演算が行えるのでCPUを用いる場合よりも計算時間の短縮に貢献できる。シミュレーションは周波数25 GHz~40 GHzで行い、モデルはホーンアンテナとアンテナ暗室内を模擬して作成した。シミュレーションで使用するGPUメモリ容量が10 GBと制限があるので実測ではアンテナ間距離が2.95 mであるのに対し、FDTDシミュレーションではアンテナ間の距離を624.972 mmに短縮した。試料は実測時と同様に101.5 mm送信アンテナから離してある。

4.2 測定値との比較 透過減衰率測定のシミュレーションでは、試料のモデルへ表に掲載した複素誘電率と複素透磁率、厚さを与えて計算を行った。図2に実測とシミュレーションで得たアクリル板の透過減衰率、図3に実測とシミュレーションで得た電波吸収体の透過減衰率を示す。

アクリル板では、実測とシミュレーションが ± 1 dBで良好に近似した。電波吸収体では、実測とシミュレーションが35 GHzまでの領域で良好に近似しているが、それ以上の周波数領域では差異が生じた。これは、シミュレーションで使用した複素誘電率が18 GHzにおける値のために計算誤差が生じたためと考えられる。

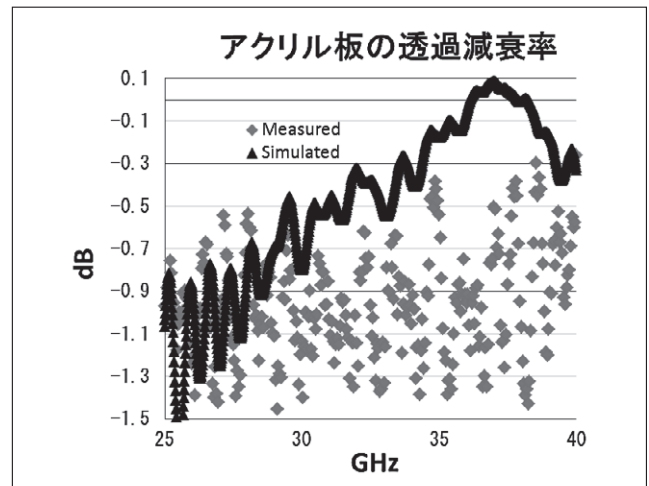


図2. 実測とシミュレーションで得たアクリル板の透過減衰率

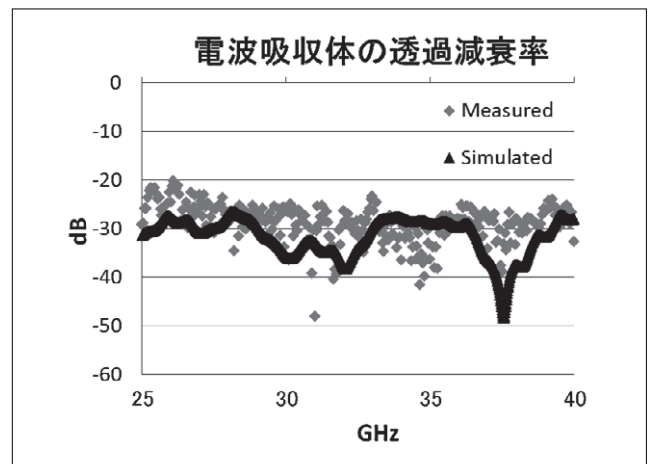


図3. 実測とシミュレーションで得た電波吸収体の透過減衰率

5. まとめ

本研究により、ミリ波帯である40 GHzまでの透過減衰率特性の測定と電磁界シミュレーションが可能となった。これにより、レーダのレドーム材などの評価とシミュレーションが可能になる。

今後は、次世代高速無線LAN (IEEE802.11adなど) が割り当てられている60 GHz帯や76 GHz帯の自動車用レーダまでの評価を目標とする。

(平成25年7月31日受付, 平成25年8月12日再受付)

文 献

- (1)橋本修：電波吸収体入門，森北出版株式会社
- (2)Agilent Technologies：誘電体測定の基礎，Application Note 5989-2589JAJP