

HFSS によるマイクロ波・ミリ波測定シミュレーション

坪井 瑞輝*

【要 旨】

中小企業技術センターでは電磁波シミュレータ及び、フリースペース法によるマイクロ波・ミリ波帯域での電磁波吸収・遮蔽性能測定のどちらもが利用可能である。今回、フリースペース法の測定装置を電磁波シミュレータ上に再現することで、フリースペース法測定の結果の検討や、材料への電磁波の反射や吸収の様子の可視化などを行える環境の構築に取り組んだ。

1 はじめに

京都府中小企業技術センターでは18GHz～110GHzに対応したフリースペース法の測定装置を設置している。

本装置はミリ波・マイクロ波帯域での材料の電磁波反射・吸収・透過性能の測定に使用されているが、電磁波は目に見えないことからその反射、吸収、透過のプロセスを確認することは困難である。例えば反射が試料表面のみで生じているのか、一旦試料内部に進入した後反射しているのかといったことはフリースペース法の測定結果のみからは判別できない。また、構造を持つ試料の場合、特定の箇所に電界が集中することで機能を発揮するものがあるが、このような状況もフリースペース法では直接観測することはできない。

一方で、当センターでは、電磁界シミュレータ HFSS(Ansys 社)を利用することができる。HFSS では電磁波の伝搬を数値計算することで、設計したものの電磁的な特性を求めることができる。

電磁界シミュレータでは任意の点の電界強度も求めることができ、電磁波の伝搬や反射の様子を詳細に知ることができる。

今回、電磁界シミュレータ HFSS を使用し、フリースペース法の測定システムをシミュレータ上に再現することでフリースペース法の測定結果をシミュレーションと比較・検討できる環境の構築に取り組んだ。

2 フリースペース法測定システム

図1に当センターで利用可能なフリースペース法測定システムを示す。

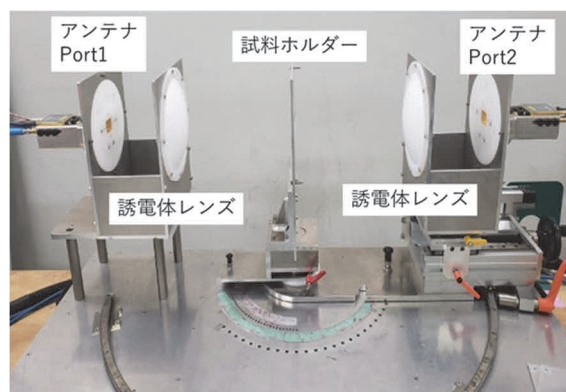


図1 フリースペース法測定システム

本システムは対向したアンテナ対 (Port1・Port2)、誘電体レンズ、試料ホルダーで構成される。材料のマイクロ波・ミリ波に対する反射・吸収・透過性能の外、誘電率等の測定も可能である。Port1、Port2 のアンテナはベクトルネットワークアナライザ(VNA)に接続されており、VNA の S パラメータ測定値から反射波・透過波の強度を測定する。

Port1 から電磁波が試料に照射され、透過した電磁波の強度を Port2 側のアンテナで受信して透過率の測定を行う。反射率の測定については、送信と同じ Port 1 のアンテナで反射波を受信して測定する。

フリースペース法はマイクロ波・ミリ波帯域で

* 応用技術課 副主査

の材料特性の測定手法としては非常に適しているものの、目に見えない電磁波の特性上、測定結果として得られるものはVNAによるSパラメータのみであり、材料内部での伝搬・減衰や、各界面での反射の様子等は分からない。

3 電磁界シミュレータ

当センターでは電磁界シミュレータ HFSS の利用が可能である。ソフトが動作するサーバーは京都府綾部市にある中丹技術支援室に設置されており、京都市内の本所からはネットワークを通じたリモートデスクトップで利用するしくみになっている。

電磁界シミュレータの計算手法としては FDTD 法、モーメント法、有限要素法等がある。HFSS は有限要素法を採用しているが、モーメント法を併用するハイブリッドソルバーの機能を有している。

有限要素法とは解析対象とその周辺の空間を小さい空間に区切って解析する手法である。複雑な形状を持つものも解析することができる。モーメント法では任意の境界面を解析対象とし、対象が大きいサイズを持つ場合も効率よく計算を行うことができる。HFSS ではハイブリッドソルバーにより両者の手法を取り入れ、複雑な形状をもつ部分は有限要素法で解析し、大きな空間についてはモーメント法で取り扱うといった解析が可能となっている。

本ソフトウェアは大変優れた機能を持ち、サポートも提供されているが、使用にはある程度の習熟が必要であり、他の装置に比べ外部利用者の利用に供するためにはハードルが高いものになっている。今回、既設のフリースペース法の測定システムをシミュレータ上に作成しておくことで、シミュレータの利用のために必要な操作は材料のサイズや誘電率の設定のみとなり、電磁界シミュレータの利用になじみのない利用者にとっても思

恵を受けやすくなることが期待される。

4 フリースペース法測定のモデル化

当センターのフリースペース法測定システムを HFSS 上にモデル化したものを図に示す。モデル作成は HFSS のソフトウェア上で行った。

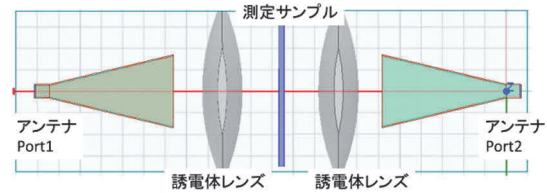


図2 フリースペース法測定装置の計算モデル

システム上には、ホーンアンテナ、誘電体レンズ、測定サンプルを配置した。

素子間の空間が大きいため、当初はモーメント法を併用して計算を行うハイブリッドソルバーの使用を検討したが、当センターのフリースペース法の素子の配置では計算時間や使用メモリが大きくなり計算を行えなかったため、各素子を本来の配置よりも密に設置することで計算する領域を小さくした上で、有限要素法のみを用いて計算した。

アンテナは当センターで有している、WR42(18GHz~26.5GHz)を対象に作成した。信号の入出力ポートはアンテナに接続された導波管の端部に設置した。

サンプルは何も設置していない場合と、厚み5mmのアルミナ(誘電率9.8)を設置した場合について計算を行った。

5 結果

サンプルを設置していない場合について、HFSSで計算した電磁波の伝搬についての電磁界強度を図3に示す。

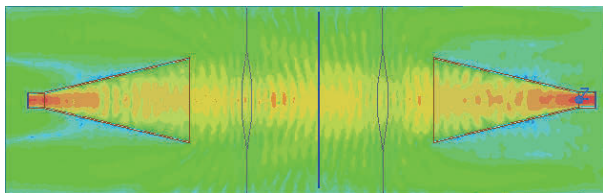


図3 フリースペース法測定における電界強度

電磁波はPort1(右側)からPort2へ照射されており、中央のサンプルにはほぼ垂直に入射していることが確認できる。なお、中央のサンプルは図に表示されているが電磁界の計算には反映されていない。

次に、サンプル設置部に厚さ 5.0mm のアルミナ板(誘電率 9.8)を設置したときの電磁界強度を図4に、それぞれのSパラメータの値の比較を表1に示す。

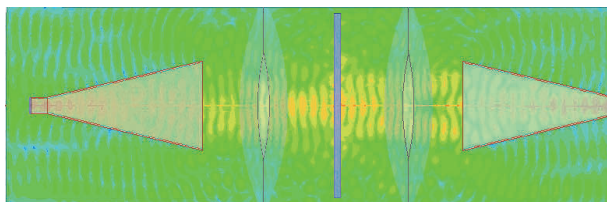


図4 アルミナ試料の測定時における電界強度

表1 Sパラメータ (dB) 計算値

サンプル	S21(透過)	S11(反射)
サンプル設置無し	-3.1	-17.3
アルミナ (厚み 5mm)	-13.7	-6.2

誘電体板で電磁波が反射されることにより反射波信号は大きく、透過波信号は小さくなっている。この時の伝搬の様子について、アルミナ板の前後で電磁界強度が小さくなっていることが確認でき、フリースペース法の測定の場合に比べて伝搬の様子がよりイメージしやすくなっている。

次にサンプルを設置なしの場合について、HFSS

の計算で得られた S パラメータと、実際の装置から得られた S パラメータの測定値の比較を表2に示す。測定値の S パラメータは、アンテナの入出力ケーブルコネクタ直前で SOLT 校正を実施して測定した値である。値は S21、S11 ともにおおよそ近い値となった。

表2 Sパラメータ (dB) サンプル設置なし

	S21(透過)	S11(反射)
計算値	-3.1	-17.3
測定値	-3.6	-13.6

今回、マイクロ波・ミリ波材料についてフリースペース法による測定の結果と、電磁界シミュレータによる計算の結果を同時に比較できる環境を整えた。これにより、電波吸収体や透過材料、反射材等の開発において、フリースペース法による測定結果の理解や検討をしやすくし、開発の促進と効率化に貢献することが期待される。