

自動車用デバイスに求められる電磁波遮蔽・透過効果の測定とその評価

花澤 理宏（はなざわ・まさひろ）

有森 奏（ありもり・すすむ）

山崎 彩子（やまざき・さいこ）

株 UL Japan

1. はじめに

安全性の確保、ドライバー・同乗者の快適性・利便性の向上等の観点から自動車には数多くの電子デバイスが搭載されている¹⁾。搭載される電子デバイスの増加に伴い、図1に示すような電磁波シールド材や電磁波吸収材料の需要が高まっている。一方、車外から渡来する電磁波を利用するミリ波レーダ²⁾やGPS (Global Positioning System) の保護カバー材料には特定の周波数の電磁波透過性が要求される。これら材料の指標の一つに、複素比誘電率がある。複素比誘電率は、金属や樹脂などの基材はもちろんのこと、樹脂に配合される添加材やその添加量、成形方法、周波数帯域ごとに影響を及ぼすことが知られており、材料毎に評価・測定する必要がある。

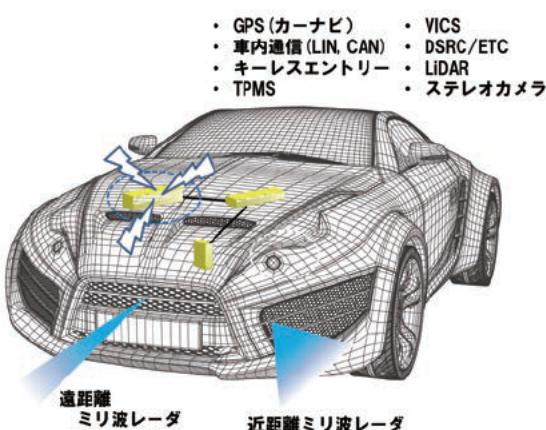


図1 自動車に搭載されている電子機器の一例

自動車用デバイスは、先に述べたシールド材、電磁波透過材料・吸収材料および金属等、単独もしくは複数の材料から製作されており、デバイス内の電波伝搬特性や透過特性は複雑である。各デバイスに要求される電磁波伝搬特性を実現するには、材料選定、形状設計および配線方法等を適切に実施する必要がある。材料選定やレイアウト決定等には多くの工数が必要である。これらの工数を削減する技術の一つとして、シミュレーション技術がある。シミュレーションは、実機の製作や配線を実施することなく、特性を評価できることから、開発期間短縮に加え開発費用削減にも貢献できる手法の1つである。

2. シミュレーション技術

2.1 電磁界シミュレーション

自動車用デバイスを開発する際、各種シミュレーション技術が多用されている。従来、シミュレーション結果と測定結果との差異が大きい傾向にあったが、近年、メモリー等計算資源の充実、シミュレーションアルゴリズムの改善等により、両者の差異は小さくなっている。

昨今では、デバイスなどの熱や振動等数多くのシミュレーション技術が実用化されている中、弊社は、電磁界シミュレーションに関するサービスを提供している。本稿では、簡易レーダードームカバーがミリ波レーダの放射特性に与える影響について電磁界シミュレーションを検討した例を紹介する。その検討結果の概要を図2に示す。本結果は、レーダ用アンテナを模擬したホーンアンテナの前面に不均一な厚

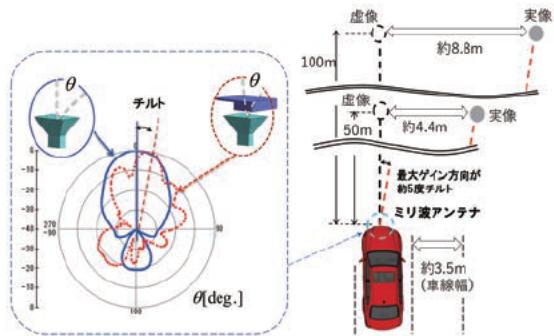


図2 シミュレーション結果の一例
(レーダードームの影響)

みを有する誘電体板（複素比誘電率：実部3、虚部(j)0.1）を配置した場合と配置しない場合の放射特性を比較している。ここでは、自動車用FM-CW(Frequency Modulated Continuous Wave)ミリ波レーダーを想定し、周波数は76.5GHzとした³⁾。検討の結果、簡易レーダードームをアンテナの前面に配置すると最大放射方向が約5°程度傾いた。5°の変化は、前方100mの位置では、約8.8mの横方向のずれに相当し、隣接レーンを走行する自動車を自車の前方を走行している自動車と誤検知する。このように電磁界シミュレーションを用いることで、実際にレーダードームカバーを製作することなくカバーの形状やカバーを構成する材料がレーダー特性に与える影響を推定できる。ここでは、一例として簡易レーダードームカバーを取り上げたが、CAD(Computer-Aided Design)モデルに基づく車内の電波伝搬特性、EV(Electric Vehicle)用WPT(Wireless Power Transfer)機器が発生させる電磁界分布等、多岐にわたる課題を取り扱うことが可能である。

3. 誘電率推定 / 電波吸収特性

3.1 誘電率推定

誘電体を含む電磁界シミュレーションや回路・アンテナ等の設計を行う際、複素比誘電率が必要不可欠である。複素比誘電率は、周波数や電磁界の方向等により異なるため、使用する周波数帯域や使用条件下において評価・測定する必要がある。代表的な複素比誘電率測定方法として、平行平板金属法、同軸法、導波管法、空洞共振器法および自由空間法等がある。各推定方法の測定可能周波数帯および測定可能な誘電損失特性の概略を図3に示す。この図に示すように、測定周波数、誘電損失の大きさ等から最適な測定方法を選択する必要がある。平行平板金

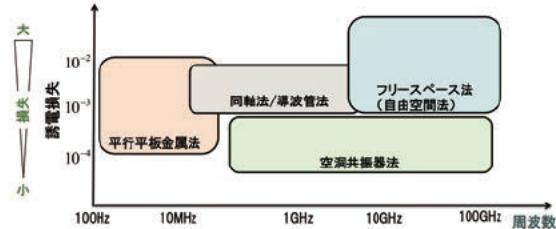


図3 各種誘電率推定方法とその測定可能範囲

属法は、二枚の平行金属板間に測定試料を挟んだコンデンサーの複素インピーダンスから複素比誘電率を測定する。本測定方法は数百MHz以下の周波数において有効である。同軸法や導波管法は、ドーナツ形状や長方形に加工した板材料を各線路内に充填し反射特性や反射特性から推定する方法である。本測定方法はMHz帯～10GHz程度の周波数では有効な手法であるが、ミリ波帯では、試料サイズが小さくなり試料の加工や充填が困難である。空洞共振器法は、金属筐体内に細い試料を挿入した際の共振特性から誘電率を推定する手法であり、低損失材料に適している。一方、自由空間法は、中損失から高損失に適した手法であり、特にミリ波での測定に適している。

3.2 自由空間法用いた誘電率推定

複数の誘電率測定手法が多くの研究者から提案されているが、弊社では、自由空間を用いた複素比誘電率測定での評価を行っている⁴⁻⁶⁾。本測定においては、厚さ1～5mmの150mm角板の被測定サンプルを用い、5G(第5世代)携帯で使用される28GHz、ミリ波レーダーで使用される76GHz等を含む18～110GHzの複素比誘電率推定が可能である。図4に自由空間法の測定系を示す。本測定系はVNA(Vector Network Analyzer)で発振された電磁波をミキサーで高周波電磁波に変換し、レンズアンテナに入力している。

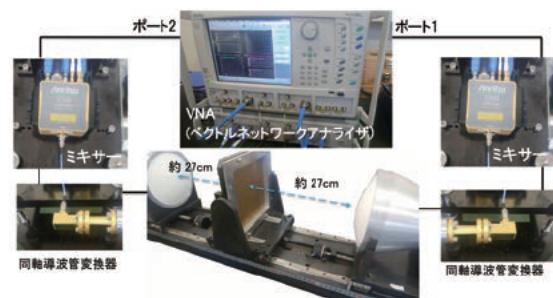


図4 自由空間法の測定系

レンズアンテナに入力された電磁波は集光され、被測定試料に照射される。試料に照射された電磁波は、測定試料表面で生じる反射エネルギー、試料を通過する透過エネルギーおよび試料内部で生じる損失エネルギーのいずれかとなる。レンズアンテナを介して送受信される電磁波の照射範囲は狭く、周辺環境の影響をうけにくい。弊社では測定した反射・透過特性および試料厚みから、被測定サンプルの複素比誘電率を推定するプログラムについて報告した⁷⁾。

3.3 誘電率推定結果 / 電磁波吸収特性

前述の測定系を用いて、既に複素比誘電率が報告されている石英ガラスの透過・反射特性を測定し測定結果から複素比誘電率を推定した。推定した複素比誘電率を図5に示す。なお、測定周波数帯域は、WR12導波管を伝搬可能な60～90GHzとした。推定した複素比誘電率は、これまでに報告されている値と良好に一致している⁶⁾。測定周波数の上限および下限付近において誘電率の変動がみられるが、これは被測定材料が有する誘電特性ではなくVNAに搭載されているタイムゲート機能の影響である。本推定結果から、弊社は本測定系および複素比誘電率推定プログラムの妥当性を確認し、報告した⁷⁾。

自由空間法は、複素比誘電率推定に加えレーダードームカバー材料等の透過特性評価、シールド材等の遮蔽特性評価および裏面に金属板を配置した電磁波吸収材料の反射特性評価も可能である。電波吸収特性の測定結果の一例を図6に示す。今回測定した電波吸収体は、自動車用ミリ波レーダで使用されている76-77GHz付近の周波数において、-15dB（入射した電磁波エネルギーの約96%）以上の電波吸収性能を有することが確認できた。

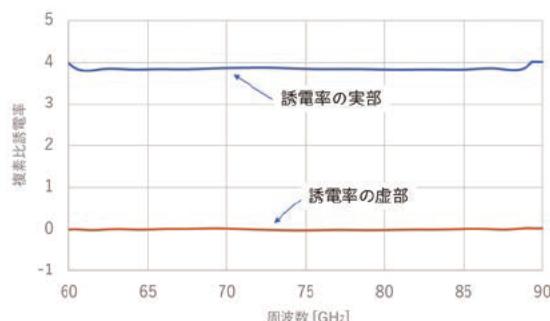


図5 複素比誘電率推定結果の一例（石英ガラス）

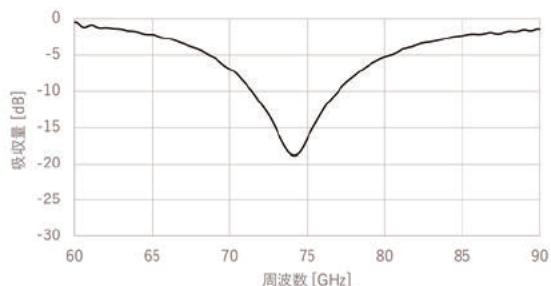


図6 電波吸収体の測定結果の一例

4. おわりに

本稿では、ミリ波帯における複素比電率測定、電磁波吸収特性評価および電磁界シミュレーションサービスを紹介した。自動車用デバイスで使用される周波数は、今回紹介したミリ波帯のみならず、EV用WPTで使用される85kHz、車々間通信で使用される900MHz等と今後さらに拡大していくと予想される。使用される周波数帯域の拡大に伴い、複素比誘電率測定技術やシミュレーション技術の需要は更に高まると考えている。また、電磁界シミュレーションは、製品開発・設計のみならずEMC試験に用いられる可能性もある。

新たに策定されている規格の中で、弊社は、2021年より施行される建設機械などのEMC試験に対応した大型電波暗室を備えた「大型モビリティ試験棟」を新設し、2020年7月より稼働を開始した⁸⁾。今後も5Gを活用したIoTの技術革新はますます活気を増していく一方、デバイスなどに組み込まれる材料が複雑化していく、さらには材料に求められる要求も高くなっている。高度な技術を要求されるIoT家電や自動車、さらには大型建機などに組み込まれるデバイスの安全性能の評価・検証試験について弊社は今後も継続的に新規技術開発の動向、新規規格策定の状況を鑑み、社会へ貢献できるよう進めていく。

参考文献

- 上杉 勉，“車載パワーデバイス - 低損失・高破壊耐量化技術の展望 -”，豊田中央研究所R&Dレビュー, Vol.35, No.2, 2000 (URL: https://www.tytlabs.com/japanese/review/rev352pdf/352_003uesugi.pdf) 等
- 例えば,
https://www.soumu.go.jp/main_content/000159471.pdf 等
- 大橋 洋二，“自動車用ミリ波無線技術”，応用物理，第71巻，第3号，pp.302-307, 2002.

- 4) A.M. Nicolson and G.F. Ross, "Measurement of the Intrinsic Properties of Materials by Time Domain Techniques", IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, Vol.19, No.4, pp.377-382, 1970.
- 5) J.B. Jarvis, E.J. Vanzura and W.A. Kissick, "Improved Technique for Determining Complex Permittivity with the Transmission/Reflection Method", IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, Vol.38, No.8, pp.1096-1103, 1990.
- 6) 清水 隆志, 小又 大祐, 古神 義則, "遮断円筒導波管法による石英ガラスの複素比誘電率の周波数依存性及び温度依存性評価", 電子情報通信学会論文誌 C, Vol. J96-C, No.12, pp.533-540, 2013.
- 7) 花澤 理宏, 鈴木 仁哉, 河野 徹, 龟井 利久, 荻野 哲, "自由空間法を用いた誘電率推定に関する基礎検討", 電子情報通信学会マイクロ波研究会 MW2019-116, pp.93-97, 2019. など
- 8) https://japan.ul.com/news/large_mobility_laboratory/