

自動車分野への高周波シミュレーション技術の展開

The Application of the High Frequency Simulation Technology to the Products in the Automotive Fields

中山 裕次郎*
Yujiro Nakayama

鳥光 悟*
Satoru Torimitsu

井上大輔*
Daisuke Inoue

長田 真幸*
Masayuki Nagata

大谷 栄介*
Eisuke Otani

根上 昭一*
Shoichi Negami

〈概要〉

自動車材料の分野では、リサイクルなどの目的で特殊な材料の開発が行なわれており、一方では、安全性向上のため、複数のレーダを組み合わせた、高度なレーダ技術が求められている。

バンパなどへのレーダ搭載のために、周囲環境の高周波特性を予測する、高周波シミュレーション技術のニーズ・重要度が高まっており、本稿では、特殊材料の高周波特性把握とレーダの車両搭載検討への高周波シミュレーション技術の展開について紹介する。

1. はじめに

自動車材料の分野では、リサイクルなどの目的で特殊な材料の開発が行なわれており、安全性向上のため、複数のレーダを組み合わせた、高度なレーダ技術が求められており、レーダの高周波化・小型化が必要となっている。また、バンパなどへのレーダ搭載のために、周囲環境の高周波特性を予測する、高周波シミュレーション技術のニーズ・重要度が高まっている。高周波シミュレーション技術を活用する事で、材料特性や構造の違いによる周囲製品の高周波特性に与える影響を検討する事が可能になる。開発した24 GHz帯高分解能マルチモードレーダの車両搭載設計においても、レーダ周辺の構造物の高周波特性を把握し、適切な搭載条件を見出している。本稿では、特殊材料の高周波特性把握とレーダの車両搭載検討への高周波シミュレーション技術の展開について紹介する。

2. 24 GHz帯高分解能マルチモードレーダの開発背景¹⁾

近年、センサデバイスを搭載し、周辺物体を検知することで、車両の事故を未然に防ぐ先進運転支援システム(ADAS: Advanced Driver Assistance System)の普及が進められている。

当社が開発した24 GHz帯高分解能マルチモードレーダは、コンパクトで車両への搭載自由度が高く、例えばバンパ内部に搭載できるため、前側方監視、後側方監視などの、各種アプリ

ケーションに適用可能である。表1に24 GHz帯高分解能マルチモードレーダの主要緒元を示す。

表1 24 GHz帯高分解能マルチモードレーダ主要緒元 Specification of the multi-mode radar.

項目	値	単位
変調方式	パルス	-
周波数帯域	24.05 ~ 24.25	GHz
サイズ	100 × 100 × 30	mm

3. 車載への技術課題

レーダを車両に搭載する場合、放射面に位置するバンパ(誘電体)や、背面に位置する車体(金属)により電波の放射方向が影響を受ける場合がある。

図1にバンパの内側に搭載されたレーダを示す。

* 研究開発本部 コア技術融合研究所



図1 バンパの内側に搭載されたレーダ
Radar installed inside of bumper.

レーダは自らが送信した電波が、物体に反射し、戻ってきた電波を受信する事で他車両、歩行者、自転車、障害物などを検知する。電波は、レーダ搭載位置周辺の車両構造物でも反射する。不要な方向への反射は、誤った検知を行なう原因となるため車両搭載設計には、レーダ周囲の構造物の材質・形状も含めて、適切な搭載条件を見出している。

バンパ内部に搭載されるレーダの設計を行なう上で、バンパなど周辺構造物に用いられる材料の、使用周波数帯域(24 GHz)での高周波特性を把握する必要がある。

近年は、リサイクルに適した特殊なバンパ材料に関する取組²⁾やレーダ性能に影響を与えるマルチパスを遮蔽する材料の開発が行なわれている³⁾。また、バンパに用いられる塗装剤も意匠品として高級感のあるものや、環境に配慮した高機能塗料及び工程の開発が進められる⁴⁾など、材料の高周波特性が一般的に知られていない特殊な材料が増えている。特に新規開発された材料の構造物などへの搭載を検討する際には、材料の高周波特性を確認する為に、あらかじめ、作成した平板(テストピース)により、レーダへの影響を可視化、数値化し、搭載状態をシミュレーションする事が求められている。

4. 材料の高周波特性評価

実際のテストピースの測定は自由空間法⁵⁾に準じて行なった。

図2に材料の高周波特性評価系を示す。2つのホーンアンテナの間を透過する電波の振幅と位相を、テストピースの有無を条件として測定し、差分をテストピースの透過特性とした。

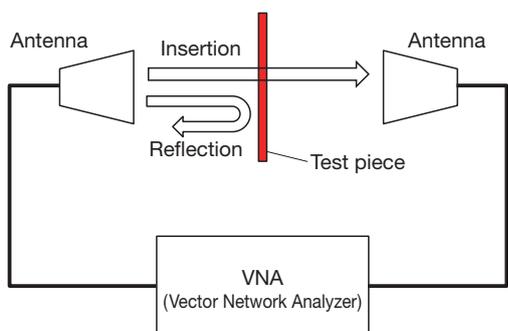


図2 材料の高周波特性評価系
High frequency characteristic evaluation system of material.

また、ホーンアンテナから発信した電波が反射して、送信アンテナに戻った反射波の振幅と位相を、同じサイズのテストピースと金属板で比較を行い、その差分をテストピースの反射特性とした。

測定に用いる材料のテストピースは、測定精度の観点から、下記のように定めた。

- ・入射波が平面波である事
(アンテナからの距離が充分確保できている事)
- ・試料サイズが10 λ以上である事
- ・表面が平坦である事
- ・均一で異方性がない事

材料の高周波特性は、透過波と反射波の振幅と位相から伝送理論によって算出する事ができる。

図3に、24 GHz帯での、塗料の誘電特性の違いによる電波特性への影響を高周波シミュレーションで解析した透過特性を示す。

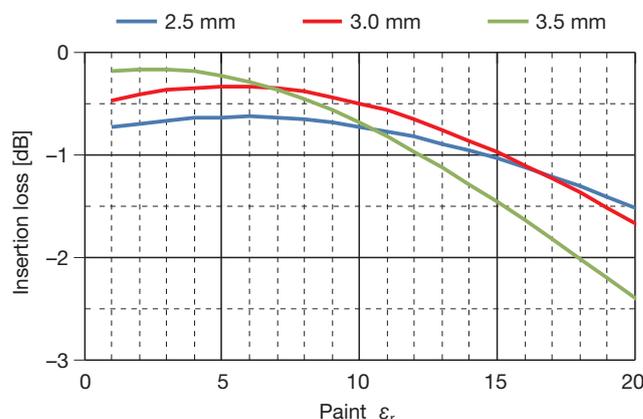


図3 透過特性
Insertion loss.

塗料の厚さは一定で、バンパ材料の厚さを2.5 mm, 3.0 mm, 3.5 mmとした。

塗料の比誘電率によって電波の透過特性が受ける影響は、塗装されるバンパ材料の厚さの違いにより異なる。好適なレーダ特性を得るためには、バンパや塗装に用いられる素材の高周波特性を考慮して搭載条件を最適化する事が必要である。

樹脂系のバンパ材料の場合、塗装により表面を加工されている場合が多い。高周波特性が既知であるバンパ材料に塗装された塗料の誘電特性測定結果を表2に、シミュレーションモデルを図4に示す。

表2 誘電特性測定結果
Dielectric characteristics of paint.

Paint	ϵ_r @24 GHz	thickness
A	7 ~ 8	0.6 ~ 0.7 mm
B	4 ~ 5	0.5 ~ 0.6 mm
C	10 ~ 11	0.3 ~ 0.4 mm

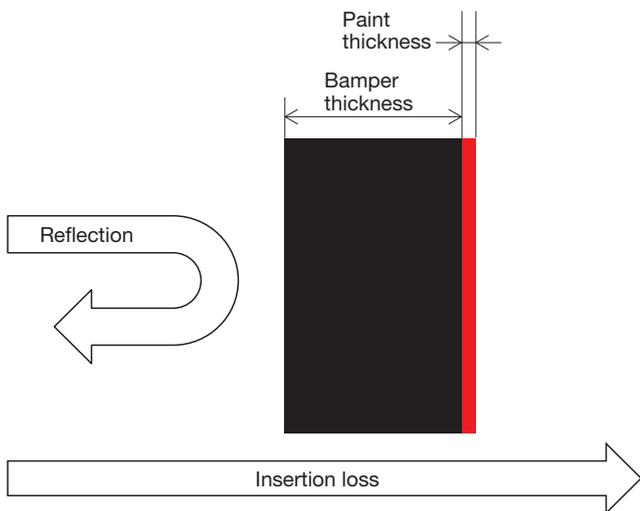


図4 シミュレーションモデル
Simulation model.

5. 24 GHz帯高分解能マルチモードレーダへのシミュレーション適用事例

レーダの周辺構造物の高周波特性を数値化する事で、より実用的な車両構造を考慮した解析が可能になった。図5に車両搭載条件を模擬したシミュレーションモデルを示す。図6は、図5を天面から見た電界分布である。図6からはバンパとボディの間に電磁界成分の広がり、車両内部(バンパ-ボディ間)での反射が確認でき、車両構造の影響をレーダ電波環境の設計の考慮にいれる必要性が考えられる。

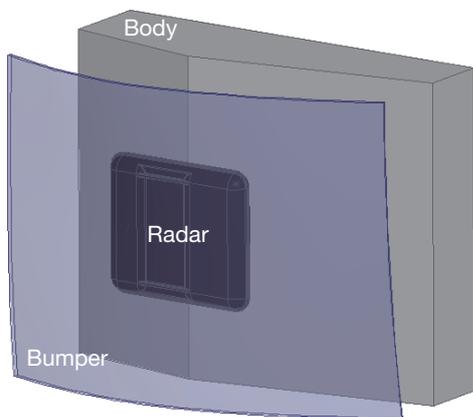


図5 シミュレーションモデル
Simulation model.

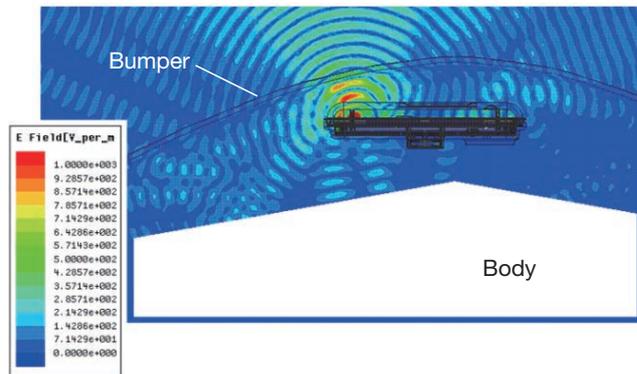


図6 電界分布
Electric field distribution.

さらに詳細な検討を行なう為、車両構造を3Dスキャナでデータ化し、車両搭載状態を解析した。図7にレーダの車両搭載状態を示す。図7は3次元スキャナを活用し、レーダの周辺1.5 m程度の範囲の金属ボディ (body)、バンパ(bumper)を3次元のCADデータとして記録し、シミュレーションモデルにインポートしたものである。

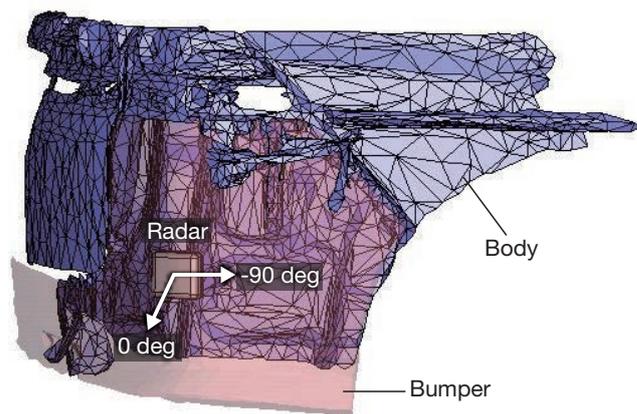


図7 レーダ 車両搭載状態
Radar installed to a car.

実測と高周波シミュレーションの結果を、レーダの正面方向を0 deg、利得最大値を0 dBとして規格化して比較し、整合性がとれている事が確認できた。表3に規格化利得を示す。

表3 規格化利得 (利得最大値=0 dB)
Normalization gain (Max gain=0 dB).

Angle (deg)	-20	0	+20
Experiment (dB)	-3.1	-0.3	-3.4
Simulation (dB)	-2.7	-0.4	-3.3

レーダの性能は車両への搭載条件により影響を受けるため、構造物の高周波特性を知る事で、より実際に近い環境を模擬して解析を行なう事ができるようになった。

6. おわりに

本稿では、当社における高周波シミュレーション技術の自動車分野への適用事例について紹介した。

レーダが、新規開発された塗料など新しい条件下で使用される場合でも、シミュレーション上で、課題抽出と対策を検討する事で適切な搭載条件を見出す事ができる。

また、今後も、解析の目的や規模に応じて、適切にシミュレーションを活用し、仮想的なトライ&エラーにより現象の可視化と原理原則に基づく適時適所の対策をとることにより、課題解決力の更なる向上を図る。

参考文献

- 1) 井上, 高橋, 矢野, 室伏他: 24 GHz帯高分解能マルチモードレーダの開発, 古河電工時報132号 (2013).
- 2) 日産自動車HP「環境への取り組み」.
<http://www.nissan-global.com/JP/ENVIRONMENT/CAR/RECYCLE/>
- 3) 宮本, 稲田他: 炭素繊維強化射出成形複合材料を用いた電波遮蔽プラスチックの開発, マツダ技報No32 (2015).
- 4) 日本自動車工業会: JAMAGAZINE#49 (2015).
- 5) 橋本: 高周波領域における材料定数測定法, 森北出版(株) (2003).