

共同利用(産業利用トライアルユース:先端研究施設共用促進事業
『みんなのスパコン』TSUBAME によるベタスケールへの飛翔)
成果報告書 平成 24 年度 産業利用トライアルユース

利用課題名:自動車搭載ミリ波レーダの超大規模電磁界シミュレーション
Accurate and large scale electromagnetic simulation for millimeter wave radar
placed within automotive body

利用課題責任者
松沢晋一郎
Shin-ichiro Matsuzawa

所属:株式会社豊田中央研究所
Affiliation: Toyota Central R & D Labs., Inc.
<http://www.tytlabs.co.jp>

77GHz という高い周波数を使うミリ波レーダは、対象物の相対位置・速度の高精度な測定が可能である。ミリ波レーダを車両に搭載する場合、エンブレム、グリルカバー、バンパ等の樹脂部品の背後に主に搭載され、これらの樹脂カバーの影響を受けて特性が変化する場合がある。今回、TSUBAME にて、樹脂カバーの背面におかれたミリ波レーダアンテナのシミュレーションを、15 億メッシュ程度の精緻な超大規模モデルにて試みた。

A millimeter wave radar can measure the relative speed and angle of the target precisely. When the millimeter wave radar is mounted inside the vehicle, it is often deployed in the back of plastic cover like a emblem, grill, or bumper. The design of these covers is very important in order to reduce the loss. We have simulated the radiation patterns and electrical field distribution of the antenna by using the TSUBAME, and it shows the possibility of the computer simulation whose model includes the plastic cover of the width of about 1m.

Keywords: 電磁界シミュレーション、ミリ波レーダ、樹脂カバー

背景と目的

国土交通省が推進する「ASV 推進計画」は、ASV (先進安全自動車(Advanced Safety Vehicle))に関する技術の開発・実用化・普及を促進するプロジェクトであり、平成 3 年度から継続的に取り組まれている。ASV とは、先進技術を利用してドライバーの安全運転を支援するシステムを搭載した自動車のことである。一連の ASV の研究において、大型トラックに衝突被害軽減ブレーキを装備し、衝突速度を 20km/h 下げることにより、被追突車両の乗員の死亡件数を約 9 割減らせると推計されている。この衝突被害軽減ブレーキは、レーダにより先行車との車間を計測し、危険を検知する。ミリ波レーダはこのような ASV 技術のキーセンサの一つである。本研究は、自動車搭載ミリ波レーダの超大規模電磁界シミュレーション技術の開発を目指している。

電波レーダ装置は、エンブレム、グリルカバー、バンパ等の樹脂部品の背後に主に搭載される。これ

ら樹脂部品の電波が透過する際、誘電率の違いにより電波が反射・散乱することや、樹脂材料が持つ損失成分(誘電正接 $\tan \delta$)による電波の減衰が生じる。

一般に、これら樹脂部品の厚みは数 mm であり、この厚みを使用する波長の 1/20 以下の寸法であれば、入射角によらず電波はほぼ損失なく誘電体材料を透過する。そのため、1GHz (自由空間波長 $\lambda_0=300\text{mm}$) 程度の周波数までは、樹脂部品からの影響をほとんど受けない。一方、電波レーダが利用される 77GHz 帯の自由空間伝搬波長 λ_0 は、3.9mm と部品の厚みが波長程度の寸法となるため、樹脂部品から受ける影響は大きくなる。従って、これら樹脂部品の材料、厚みを含む形状、さらにはレーダの設置方法などが重要な設計パラメータとなる。

その設計では、レーダ周辺の車体構造物を忠実にモデル化した電磁界シミュレーションによる検討が求められている。しかしながら、 $\lambda_0/10$ 程度 (λ_0 :

(様式第 20) 成果報告書

76.5GHz の空間波長)のメッシュ分割を必要とする電磁界解析においては、ミリ波レーダの波動伝搬を解析するには非常に多くのメッシュ数を必要とするため、数台規模の PC クラスタでは実用的な時間内での解析が困難であった。

本研究では TSUBAME によって、車に搭載されたミリ波レーダアンテナの指向性、電界分布のシミュレーションを、15 億メッシュ程度の精緻な超大規模モデルを用いて試みた。その結果、レーダの周囲にある誘電体カバーがアンテナ指向性に与える影響を明らかにできた。

概要

TSUBAME にて、車体構造物からの多重反射がレーダアンテナの指向性に与える影響を、CST 社の Microwave Studio Ver.2012 によりシミュレーションした。ミリ波レーダへの車両の取り付けは様々な方法がある。本報告では車両の前方をセンシングするため、図 1 に示すように平板状の樹脂カバーの背面にミリ波レーダを搭載した場合を対象とした。今回、樹脂カバーの横幅を 360mm から 1120mm まで変化させた場合のアンテナ指向性の変化をシミュレーションした。その結果、 $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$ の範囲では指向性はほとんど変化しないが、その外側の角度では、変化することを明らかにした。

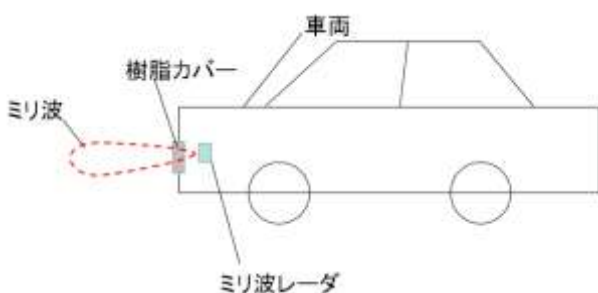


図 1 車載ミリ波レーダの搭載位置の例

結果および考察

図 2 にシミュレーションモデルを示す。樹脂カバーの背面にミリ波レーダのアンテナが搭載されている。樹脂カバーは平板状の樹脂カバー A と、細長い板状の樹脂板カバー B で構成されている。カバー全体の横幅は 620mm で、これは $160\lambda_0$ (λ_0 : 76.5GHz の空間波長)に

相当する。各樹脂板の寸法は実車の樹脂カバーから決定した。実際の樹脂カバーには表面に塗装がされているが、その影響は小さいため、本モデルでは考慮していない。

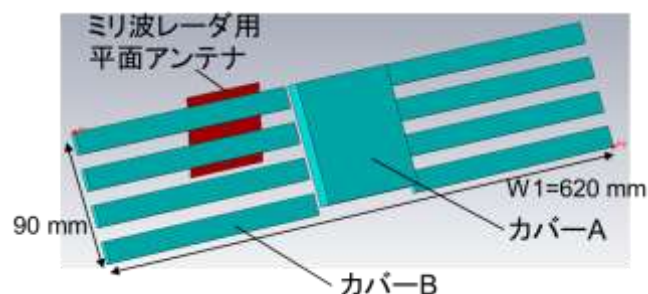


図 2 シミュレーションモデル

アンテナの水平面の指向性のシミュレーション結果を図 3 に示す。比較のために樹脂カバーがない場合の指向性も示している。カバー A の厚みが最適化[1]しており、利得がピークに対して -3dB 以下である $\pm 15^{\circ}$ の範囲内では、カバーの有無による指向性の大きな変化は見られてない。しかしながら、メインローブの端である $\pm 30^{\circ}$ 方向および $\pm 75^{\circ}$ 方向で差が見られた。

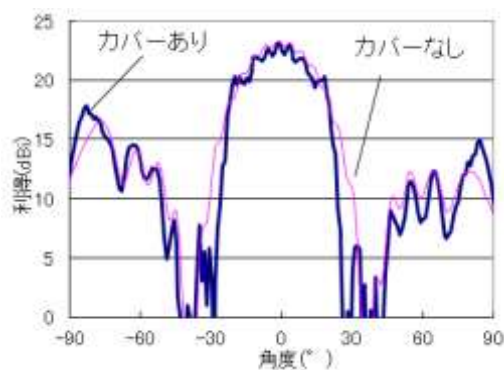


図 3 水平面指向性の結果

図 4 に水平面の電界分布を示す。メインローブによる電界がカバー A を透過している様子が分かる。メインローブの端部の $\pm 30^{\circ}$ におけるカバーの有無による変化は、カバー A とカバー B の端部および、その間の隙間の影響によるものと思われる。また $\pm 75^{\circ}$ 方向の変化は、カバー B に斜めに電波が入射し、その反射による影響と考えられる。以上のように、今回、TSUBAME を用いたシミュレーションにより、 160λ と非常に大きい樹脂カバーを含むアンテナ指向性のシミュレーション、電界分布に

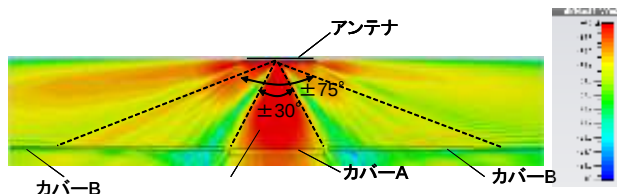


図 4 水平面の電界分布(76.5GHz)

よる電波の可視化が可能となった。

次に図 2 に示す樹脂カバーの横方向のサイズ W_1 を 360 mm、620 mm、1100mm と変化させた場合の、 W_1 と指向性の関係を調べた。結果を図 5 に示す。 $-60^\circ \sim +60^\circ$ の範囲では W_1 による顕著な変化は見られないが、その外側の角度で差が見られることが分かった。

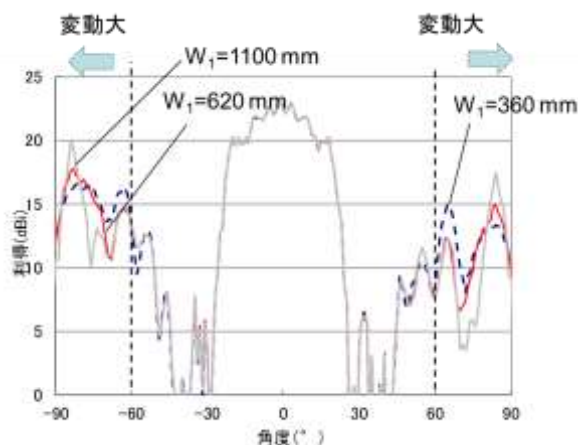
図 5 W_1 を変えた場合の指向性の変化

表 1 に W_1 を 360～1100mm と変化させた場合のメッシュ数と CPU タイムを示す。CPU タイムは S クラスで 20 ノード用いた場合の時間である。 $W_1=1100$ mm のカバーにおいても、6 時間でシミュレーションが可能であり、TSUBAME を用いたシミュレーションの有効性を確認した。

表 1 W_1 を変えたモデルのメッシュ数と CPU タイム

W_1 (mm)	メッシュ数	CPUタイム
360	4.8億	1.8時間
620	8.2億	3.3時間
1100	14.9億	6時間

まとめ、今後の課題

TSUBAME を用い、樹脂カバーの背面にミリ波レーダアンテナを置いた場合のアンテナ指向性と電界分布をシミュレーションした。カバーの有無による指向性を比較した結果、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 75^\circ$ 方向で利得差が生じることが分かった。また樹脂カバーの横方向の寸法 W_1 を 360～1100mm で変化させてアンテナ指向性をシミュレーションした。 $-60^\circ \sim +60^\circ$ の範囲の指向性はカバーのサイズを変えても大きな変化がないが、その外側では変化が見られた。今後の課題は、シミュレーション結果と測定結果の比較検証である。

参考文献

- [1] Dennis J. Kozakoff, "Analysis of radaome-enclosed antennas second edition," Artech House, 2010.