

TSUBAME 共同利用 平成 30 年度 産業利用 成果報告書

利用課題名 車両レーダー断面積の大規模電磁界解析
英文: Large-scale electromagnetic analysis of radar cross-section of vehicles大脇 崇史
Takashi Owaki株式会社 豊田中央研究所
Toyota Central R&D Labs., Inc.
URL: <https://www.tytlabs.co.jp/>

CST 社製の電磁界シミュレーションソフトウェアである MW STUDIO を用い、有限積分法により 3 次元形状データベースである NTU 3D Model Database に含まれる 20 台分の車両についてレーダー断面積(RCS)を計算した。解析周波数範囲を 0~19.2 GHz として、GPU のメモリが不足しない範囲でできるだけ少ないノード数を用いて計算した。車両モデルの要素数は 29~111 億で、計算に用いたノード数は 3~12、平均計算時間は約 7,000~13,000 秒であった。RCS の計算結果から、車両形状によって RCS のパターンが大きく異なることを確認した。

Radar cross-section (RCS) values of 20 vehicle models included in a 3D object model database called NTU 3D Model Database were calculated with the finite integration technique implemented in MW STUDIO, an electromagnetic simulator from CST. The frequency range of RCS calculation was set to 0-19.2 GHz. The vehicle models had 2.9-11.1 billion meshes. The number of employed computing nodes for each vehicle model ranged from three to twelve, and the averaged computation time for each vehicle model ranged from about 7,000 to 13,000 s. Different vehicle models yielded significantly different RCS patterns.

Keywords: Vehicle, Radar, Electromagnetic Field Analysis, Finite Integration Technique, 3D Model Database

背景と目的

レーダーが送信する電磁波は、認識対象物体によって散乱されるが、この散乱特性を高精度に知ることができれば、レーダーをより有効に活用することが期待できる。物体の電磁波散乱特性は実測することが可能であるが、高精度な測定のためには高価な機材を用いた長時間の計測が必要となるため、そのコストは大きい。一方、物体の電磁波散乱特性を解析するための高精度な計算機シミュレーション方法には、FDTD 法や有限積分法といった時間領域の電磁界シミュレーション手法があるが、単体の PC ワークステーションで車両全体の電磁界シミュレーションを実行可能な周波数は、車載レーダーで用いられる周波数帯との乖離が極めて大きいという課題がある。

本利用課題では、物体の電磁波散乱特性として一般的によく用いられるレーダー断面積(RCS)を対象とし、様々な車両に対する RCS を時間領域の電磁界シミュレーション手法によって TSUBAME3.0 の複数ノードを用いて計算し、車両形状と RCS の関係に関する知見を得ることを目的とする。

概要

CST 社製の電磁界シミュレーションソフトウェアである MW STUDIO を用い、車両の構造モデルを作成した。車両の形状データは、様々な物体の 3 次元形状データベースである NTU 3D Model Database に含まれる車両のデータを用い、MW STUDIO にインポートした上で、車両を水平面内で回転させた時に幅 2 m × 高さ 1 m × 奥行 2 m の範囲に収まるようにサイズを調整した。次に、MW STUDIO の機能を用いて形状の自動分解処理を行い、フロントガラス・ドアガラス・リアガラスは比誘電率 5.0 の誘電体に、タイヤとシートは比誘電率 3.0 の誘電体に、それ以外は完全導体に設定した。なお、形状の自動分解処理によるパーツの分解が適切に実行できなかった形状データについては使用しなかった。最終的に、23 台分の車両の構造モデルに対して、MW STUDIO 上で解析周波数範囲を 0~19.2 GHz として有限積分法を用いた電磁界シミュレーションを行った。なお、車両に入射する電磁波は、図 1 に示す xz 平面上に車両を置いた時、波面の法線が xz 平面と平行であるような平面波である。入射角度は、この波面の法線のうち

座標系の原点を通る法線と z 軸のなす角度で表し、車両の前方・左側方・後方・右側方から入射する場合の入射角度をそれぞれ 0° ・ 90° ・ 180° ・ 270° と定義した。各車両について 0° ～ 359° の範囲で 22° または 23° の間隔(平均 22.5°) で入射角度を変化させ、23 台の車両の入射角度が 0° ～ 359° の範囲でなるべく均等に分布するようにし、車両毎に 16 通りの入射角度で RCS を計算した。計算に用いるノード数は、GPU のメモリが不足しない範囲でできるだけ少ないノード数を用いるように、計算中に出力される GPU 使用率の概算値に基づいて調整した。

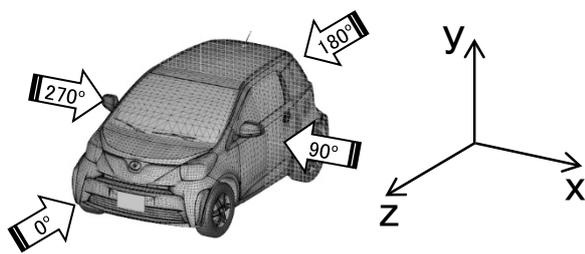


図 1 電磁波入射角度の定義

結果および考察

23 台の車両のうち、RCS の計算が正常に完了しなかった 3 台を除いた 20 台について、計算に用いたノード数とひとつの入射角度あたりの平均計算時間を、要素数と共に表 1 に示す。なお、この平均計算時間は、各ジョブが実際に消費した時間を用いて算出した。また、一部のジョブについては表 1 に示したノード数とは異なるノード数で計算を実行したが、平均計算時間を算出する際にはこれらのジョブは除外した。表 1 の結果について、要素数とノード数をプロットした結果を図 2 に、要素数と平均計算時間をプロットした結果を図 3 に示す。図 2 から、ノード数は要素数に概ね比例することがわかる。また図 3 から、車両間の要素数の変動に比べ平均計算時間の変動は少なく、計算の並列化が有効に機能していたことがわかる。

2 台の車両(モデル名 Y40・Y4140)について、車両の前方・左側方・後方から電磁波が入射したときの RCS 計算結果 ($0 \sim 19.2$ GHz) を図 4 に示す。Y40 はコンバーチブル型の車両、Y4140 はハッチバック型の車両である。この結果から、車両の形状によって RCS と周波数の関係が大きく異なることがわかる。

まとめ、今後の課題

大規模電磁界シミュレーション手法を用いて、様々な車両に対する RCS を高精度に計算し、車両の種類や電磁波の周波数が RCS に与える影響、計算に用いるノード数と計算時間に関する知見を得た。車両のサイズや解析周波数範囲を、実際に車載レーダーを使用する場合の条件に近づけていくことが今後の課題である。

表 1 車両毎の要素数・ノード数・計算時間

モデル名	要素数	ノード数	平均計算時間[s]
Y40	51 億	5	11,457
Y41	29 億	3	9,166
Y85	43 億	5	7,378
Y119	52 億	6	8,308
Y530	40 億	4	7,741
Y918	49 億	6	8,455
Y924	37 億	4	7,200
Y4098	56 億	6	8,207
Y4105	41 億	4	9,142
Y4122	65 億	7	8,482
Y4129	75 億	8	10,606
Y4130	76 億	8	9,197
Y4135	59 億	7	7,671
Y4137	111 億	12	11,391
Y4140	60 億	6	9,063
Y4141	68 億	7	9,544
Y5418	49 億	5	10,556
Y6569	71 億	8	10,354
Y6797	78 億	8	12,774
Y6801	53 億	6	7,841

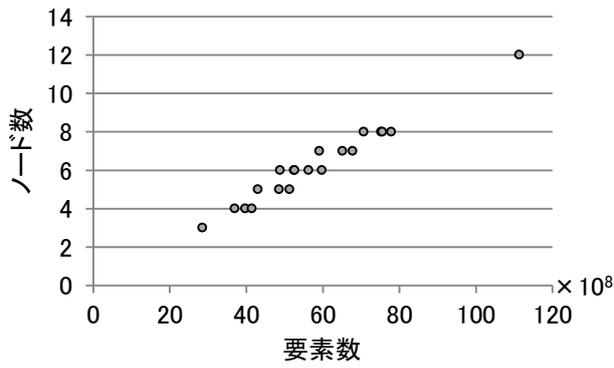


図2 車両の要素数とノード数の関係

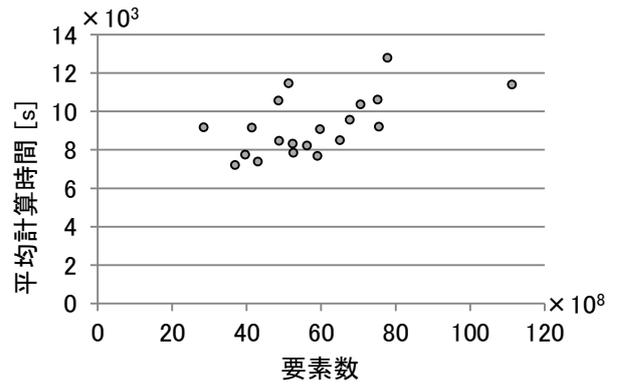


図3 車両の要素数と平均計算時間の関係

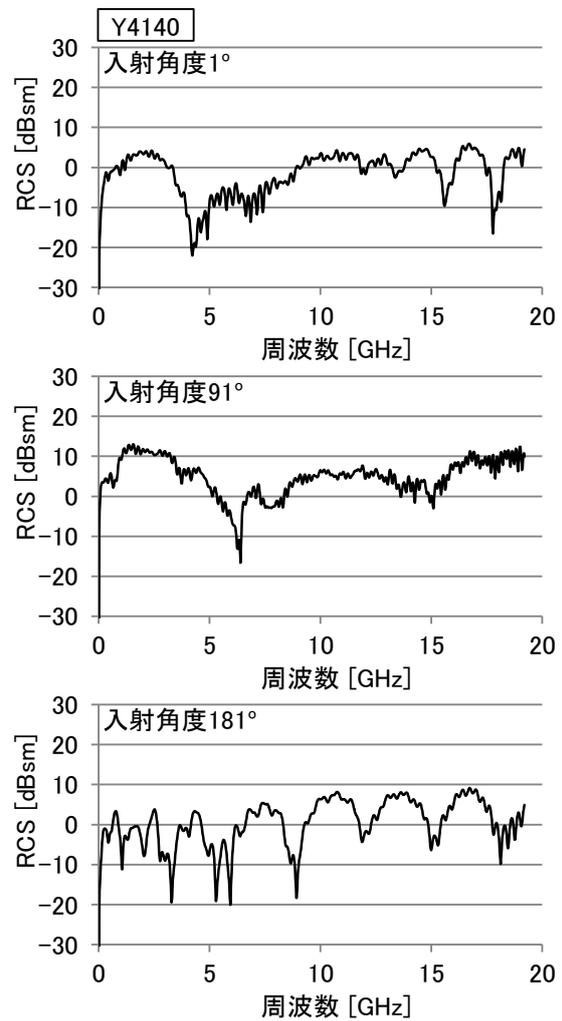
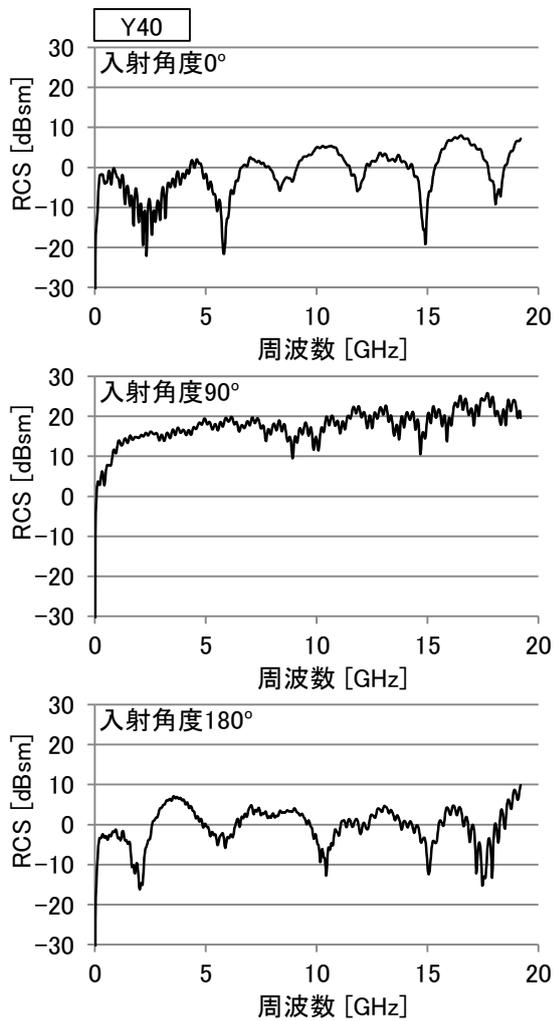


図4 RCS計算結果の一例(左:Y40, 右:Y4140)