

平成 25 年度 TSUBAME 産業利用トライアルユース 成果報告書

利用課題名 大規模シミュレーションによるレーダの車両搭載時の特性把握

英文: Evaluation of electromagnetic characteristics of radar within car environment by large scale simulation

利用課題責任者 井上 大輔  
Daisuke Inoue

所属 古河電気工業株式会社  
Furukawa Electric Co., Ltd.  
<http://www.furukawa.co.jp/>

邦文抄録(300 字程度)

TSUBAME を用い、準ミリ波レーダの自動車搭載を模擬した大規模電磁界シミュレーションを行った。まず、シミュレーション結果の実験との整合性を確認し、バンパーや車体の存在により電波特性が影響を受ける状況をシミュレーションで正しく把握できることを示した。次に、車両規模を想定した 20 億メッシュ以上の大規模なシミュレーションを GPU アクセラレーションの駆使によって現実的な時間内で実施実現し、車体の広範な領域に電磁界成分が分布する事例を確認した。これらにより、電磁界シミュレーションが検証手法として有用であることを示す。

英文抄録(100 words 程度)

The large-scale electromagnetic simulation which treats the car installing situation of the quasi-millimeter wave band radar was performed using TSUBAME. We checked the compatibility of a simulation and an experiment at first and we showed that the situation where radio characteristics are affected by existence of a bumper and the body can be correctly grasped in a simulation. Then we carried out the large-scale simulation supposing a vehicles scale of 2 billion or more meshes within a realistic time by utilizing of GPU acceleration, and found the example to which the electric field has spread in the bumper. These show simulation is useful as qualification methodology.

*Keywords:* 5つ程度

*Electromagnetic, simulation, radar, bumper, GPU*

#### 背景と目的

交通事故死傷者数を減少させるための安全技術開発が各国で進められている。国内では、今後高齢ドライバーの増加する状況に対しても、安心安全を担保していくことが必要である。予防安全技術として、これまでにレーザーレーダ、電波式レーダ、画像センサなど様々なセンサが商品化されてきているが、その中で電波式レーダは耐候性に優れているとされている。また、ミリ波に比べ、準ミリ波を利用するレーダが一般的に安価であり、普及拡大が期待される。現状、交通事故の約半数以上が交差点において事故が発生しているとされており[1]、自動車周辺を見渡すことができるような広角な特性のレーダは有用である。

しかしながら、レーダは自動車への搭載状態によって電波特性に大きな影響をうける[2]。具体的にはバンパーやグリル等通常何らかの車体構造物の裏側に配置されるが、こういった状況の中、十分な特性を保持することが技術的な課題となっている。

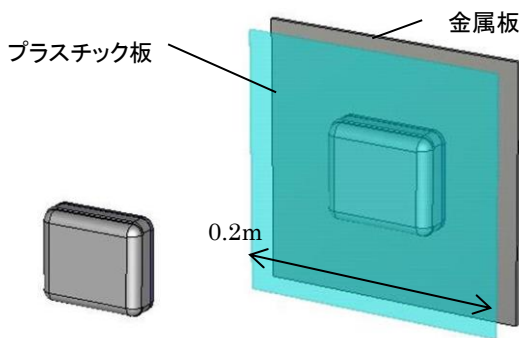
絶対的な信頼性の担保を目指し、従来は膨大な試作試験を実施することにより、搭載時の特性の把握や改善検討を行ってきた。一方、シミュレーションを用いた検証は、網羅的な試験を軽減させる可能性を持っており、開発の加速への期待は高い。しかしながら実現するには、車体の電磁波に寄与する領域を、FDTD 法であれば通常適用波長/10 以下のメッシュで解析する必要があることから、準ミリ波帯でのシミュレーションで、数 10 億メッシュオーダーにいたるような大規模なものとなる可能性がある。

本プロジェクトでは、準ミリ波レーダの自動車搭載にかかる課題に対して、TSUBAME による MPI クラスタ+GPU コンピューティングを駆使することで、大規模シミュレーションを実施し、電波特性の把握を行った。検討を通じて得た、大規模電磁界シミュレーションの実現性、有用性について示す。

### 概要

CST 社製 MW-studio ver2013 によるシミュレーションを TSUBAME 上で実施した。モデルとしては準ミリ波 ISM バンド 24.15GHz で動作するレーダ単体を基本状態とし、その前面にバンパーを模擬したプラスチック板とその背面に車体を模擬した金属板を装荷し、簡易ながらもレーダの電波特性に影響を与える系を試行した。

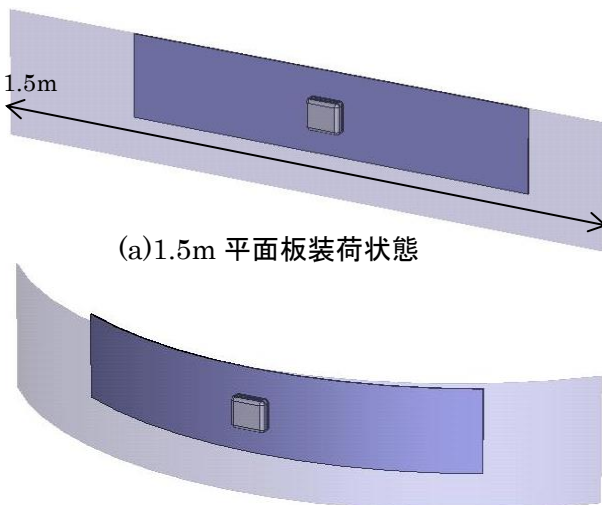
電磁界解析の実用性確認として、放射特性においてシミュレーションと実測値との整合性の確認を行なった。モデルとしては図 1 に示すように、まずここではプラスチック板、金属板共に 0.2m オーダとした。



(a) レーダ単体 (b) 0.2m 板装荷状態

図 1 シミュレーション／実測比較検討モデル

次に TSUBAME の大規模計算の実現性の確認として図 2 に示すように車体バンパー幅 1.5m オーダまでモデルを拡大し、形状として 2 水準のものを試行した。図 2(a)では平面状のプラスチック板と金属板を装荷、図 2(b)では曲面状の板を装荷している。



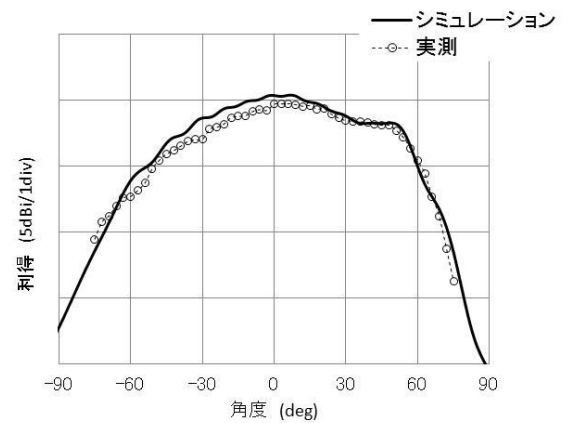
(a) 1.5m 平面板装荷状態

(b) 1.5m 曲面板装荷状態

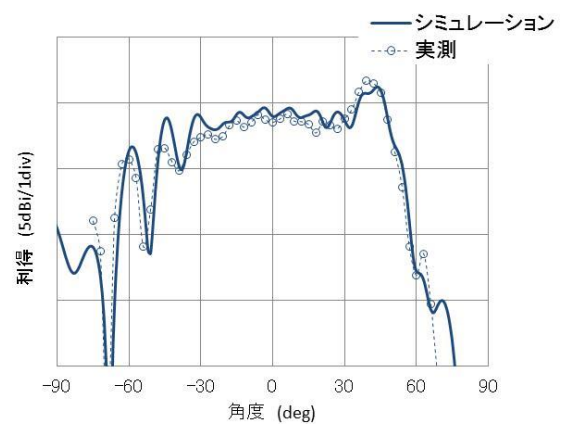
図 2 規模拡大モデル

### 結果および考察

図 3 に図 1 のシミュレーションと実測値両方の結果として、レーダ水平方向の放射特性を示す。図 3(a) から図 3(b) にかけて、前面のプラスチック板と背面の金属板の装荷が放射特性に大きく影響しており、車両搭載状況の電波特性への影響が確認できる。現象としてはレーダ前面のプラスチック板だけではなく、レーダ背面の金属板も電波特性に影響していると想定される。特にシミュレーションが、レーダ単体状態ではみられない特徴的な放射特性の乱れを図 3(b) のように十分トレースできていることがわかる。これらから、電磁界シミュレーションが正しく特性を把握できること、試作試験の代替として実用性を有することが検証できた。



(a) レーダ単体



(b) 0.2m 板装荷状態

図 3 シミュレーション／実測比較結果

ここで特に図 3(b) においては、モデル波源を 0.2m に留め、十分遠方とされる距離を確保した上で適切に実測を実施したことが、シミュレーションの整合性を確認することができたひとつの要因と考えている。

次に図 4 に図 2 の規模拡大モデルのシミュレーション結果としてレーダ水平方向の放射特性を示す。先ほどの図 3(b)以上に周辺の構造が電波特性へ多大に影響を与えていることが確認できる。また図 2 の (a) 平面板と (b) 曲面板の違いによって、若干ではあるものの特性差が現れている。これらの結果より、レーダ正面近辺だけではなく、広範な車両構造条件が特性に関与していることと考えられる。

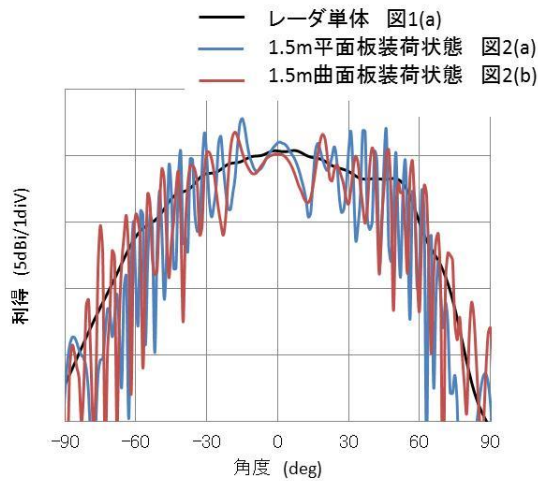


図 4 規模拡大シミュレーション結果

図 5 に図 2(b)における断面の電界分布を示す。図 5 から、電磁界成分がバンパー背面の広範な領域まで広がっていることが確認できる。これらから、車両搭載状況によっては、電波的影響を完全に把握するために、図 2 モデルのように 1m オーダの大規模シミュレーションが必要であると考えられる。

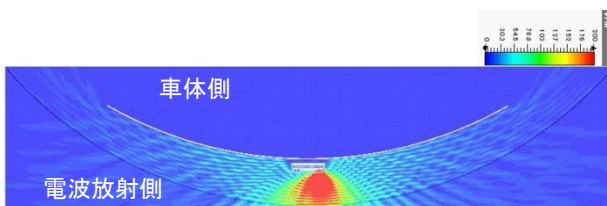


図 5 電界分布 (1.5m 曲面板装荷モデル)

また表 1 に図 1(a)と図 2 モデルのそれぞれの解析状況を示す。各モデルにおけるメッシュ数や、GPU 計算の有無や、ノード数による計算時間を比較した。MW-studio においては 20 億メッシュ以上の解析が Ver2013 から可能となり、今回 26 億メッシュの計算を 10 時間弱において実施することができた。また TSUBAME 上での GPU コンピューティングも Ver2013 から可能となっており、GPU 有無の各々の

状況からは GPU によって 10 倍オーダの高速化が実現できていることを確認できた。これより大規模 FDTD 解析を現実的な開発期間で実施するために、GPU コンピューティングが必須であることが明らかとなった。その一方で曲面構造とするだけでメッシュ数が大きく増大している点も無視できず、さらに構造を詳細にすることによる計算規模増大が懸念される。今後 MW-studio Ver2014 ではメッシュ数の低減や MPI における CPU マルチプロセス化に進展があるとのことであり、高速化に期待するところである。

モデル	図	メッシュ (億)	ノード数	GPU 数	時間 (hr)
レーダ単体	図 1 (a)	0.2	6	0	3.6
			6	3	0.4
レーダ + 1.5m 平面板	図 2 (a)	6.3	6	0	>24
			6	3	6.2
			24	0	>24
			24	3	3.4
レーダ + 1.5m 曲面板	図 2 (b)	26.0	24	3	8.9

表 1 各モデル解析状況

まとめ、今後の課題

TSUBAME を用い、準ミリ波レーダの自動車搭載を模擬した大規模電磁界シミュレーションを行った。シミュレーション結果は、実験と整合のとれるものであり、電磁界解析が試作試験の代替となる実用性を十分確認できた。また実際の車両規模を想定した大規模モデルに関しては GPU アクセラレーションを駆使することで現実的な時間内での解析実現性を確認でき、開発ルーチンへの組み込みに期待できる結果となった。

今回は簡易形状モデルでの解析であり、実際に即した解析構造の詳細化やさらなる解析領域拡大が今後の課題である。

参考文献

- [1] 平成 24 年中の交通事故発生状況, 警視庁
- [2] Adv. Radio Sci., 7, 61–65, 2009 79 GHz UWB automotive short range radar – Spectrum allocation and technology trends