

平成 27 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 AM ラジオ帯における自動車ワイヤーハーネスの電磁界解析
英文: Electromagnetic field simulation of a vehicle wire harness in the AM radio band

佐藤 孝 戸澤 則広
Takashi Sato Norihiro Tozawa

矢崎総業株式会社
YAZAKI CORPORATION
<https://www.yazaki-group.com/>

近年、自動車は電子化が進み放射ノイズが他の電子機器や通信に誤作動を及ぼすことが問題となっている。現状、AM ラジオ帯における自動車に配索されたワイヤーハーネスの電磁界解析は、解析時間短縮のため、構造を簡易化したモデルで行っており十分な精度を得られていない。TSUBAME2.5 により、ワイヤーハーネスを高精度で形状再現したモデルを搭載した自動車モデルの必要メッシュ数と AM ラジオ帯の解析にかかる解析時間の検証し、電磁界解析により、効率的に放射ノイズに対するワイヤーハーネス配索の検討が行えることを示した。

Radiation noise has the influence on a malfunction in electric devices and their communications due to the latest growing number of electric devices in vehicle. In order to reduce the simulation time, we conduct an electromagnetic field simulation in AM radio band for a simple-structure-model of vehicle with wire harnesses routing and have not received an adequate and precise simulation result. By using TSUBAME2.5, we are able to verify the number of meshes required for a model of vehicle with high-precision-reproduced wire harnesses and also the simulation time required for AM radio band. The electromagnetic field simulation allows us to effectively study the wire harness-routing against radiation noise.

Keywords: TSUBAME, 自動車ワイヤーハーネス, 電磁界解析, CST STUDIO SUITE, 放射ノイズ

背景と目的

近年、自動車は電子化が進み、マイコンが多数搭載されてきている。また、従来のガソリンエンジンからハイブリッドや電気自動車、燃料電池車に移行してきているため、大電流(数百A)が流れるようになってきた。そのため、大電流による放射ノイズが、他の電子機器や通信に誤作動を及ぼすことが問題となっている。その最終確認は試作車にて実車評価を行うため、対策が行い易いワイヤーハーネスにてノイズ対策を行う事が多い。この場合、トライ&エラーでの対応となっているため、事前にノイズ特性が分かる事が望まれている。現状、実車評価前に性能確認する手法として、次の手順にてシミュレーションしている。

自動車ワイヤーハーネスはツイスト線、シールド線を含む数十本の電線が束ねられており、3D モデル化することが難しいため、束電線を一旦、簡易モデル化する。次に、この束電線の簡易モデルを用い、ワイヤーハーネスをノイズ源とする自動車内の放射ノイズを電磁界

解析するという2段階で行っている。その際、自動車に配索されたワイヤーハーネスの AM ラジオ帯における電磁界解析は、解析時間短縮のため、自動車ボディの曲面、ワイヤーハーネス経路の曲線部を減らす構造の簡易化を行い、メッシュ数を 1,000 万程度に落としている。このため、十分な精度の電磁界解析が行えていない。簡易化せずにワイヤーハーネスを高精度で形状再現したモデルで解析する場合、1 台のワークステーションでは数週間単位の計算時間が必要と想定される。

本課題では、TSUBAME2.5 により、メッシュ数を段階的に増加させ、メッシュエラーなく解析できる必要十分なメッシュ数と計算量の検証を行ない、電磁界解析により、試作前に放射ノイズに対するワイヤーハーネス配索の検討が行えることを確認した。

概要

本課題では、「平成 27 年度 先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業『みんなのスパコン』

TSUBAME による日本再生」の産業利用トライアルユースを利用して、TSUBAME2.5 上の CST STUDIO SUITE ソフトウェアを用い、自動車ワイヤーハーネスの電磁界解析を行った。TSUBAME2.5 上では、MW STUDIO のみで電磁界解析を行い、自動車ワイヤーハーネスのモデル化は、別途 CABLE STUDIO を用いて行った。

CABLE STUDIO と MW STUDIO の連成シミュレーションは MPI に対応していない。MPI が可能な MW STUDIO 単体の解析モデルとするため、CABLE STUDIO により得られた電流分布を、ノイズ源として MW STUDIO にインポートした図1のモデルを用いた。本課題では、図2に示すガラスアンテナ、ロッドアンテナ、ヘリカルアンテナの3つのアンテナモデルを図1のモデルに搭載し、それぞれメッシュ数を段階的に増加させて、メッシュエラーなく解析できる必要十分なメッシュ数と計算量を検証した。

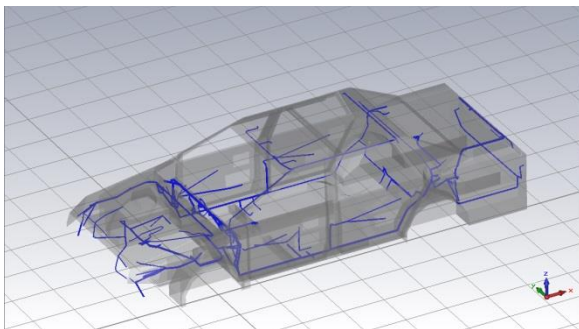
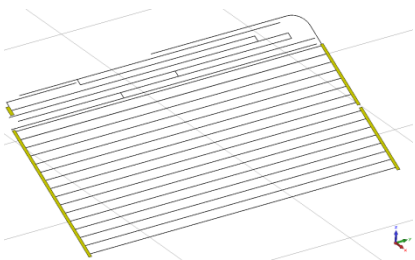
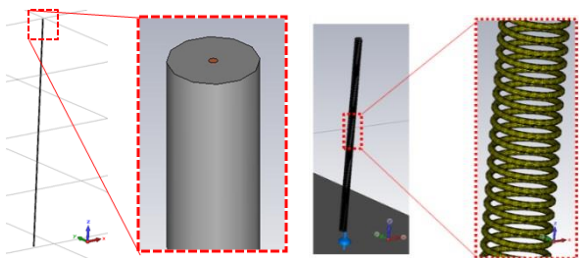


図1 電流分布をノイズ源とした解析モデル



(a) ガラスアンテナおよび熱線デフォッグモデル



(b) ロッドアンテナモデル (c) ヘリカルアンテナモデル

図2 アンテナモデル

結果および考察

1. 必要メッシュ数の検証

ガラスアンテナ搭載モデルのメッシュ数を段階的に増加させたときのメッシュエラー数とメッシュ数の関係を図3に示す。メッシュ数 1,000 万では、メッシュエラー数が 1,000 を超えていたが、メッシュ数約 9,000 万でメッシュエラー数が 0 となったため、必要メッシュ数は約 9,000 万とした。9000 万メッシュで解析することで、従来行ってきた 1000 万メッシュのモデルに比べ、より詳細なワイヤーハーネス経路のモデル(図4)を解析することが可能となり、表面電界分布(図5)に変化が見られた。

同様に、ロッドアンテナ搭載モデル、ヘリカルアンテナ搭載モデルについても検証を行い、必要メッシュ数は、表1の結果となった。

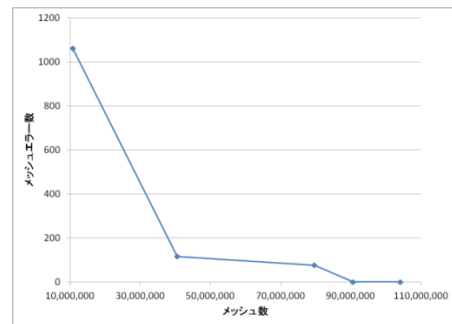
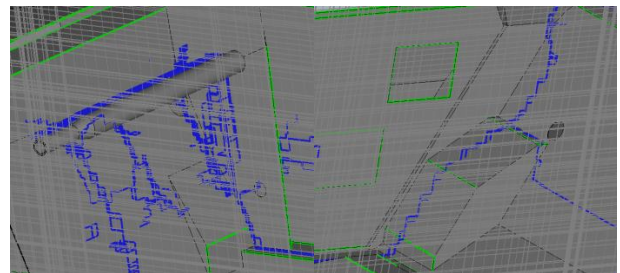
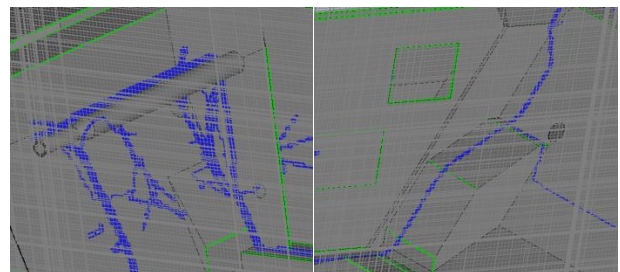


図3 ガラスアンテナ搭載モデルにおけるメッシュエラー数とメッシュ数の関係



(a) 1000 万メッシュ



(b) 9000 万メッシュ

図4 ワイヤーハーネスの経路モデル(青線がワイヤーハーネス経路)

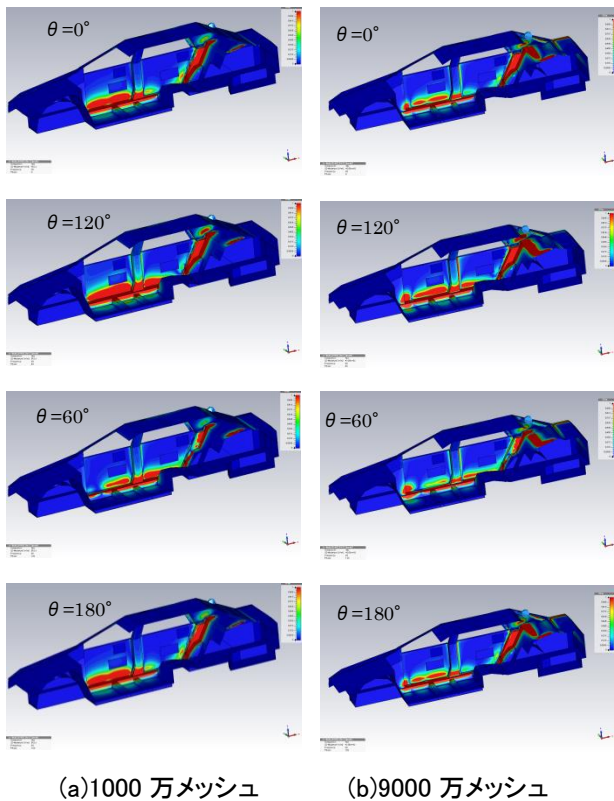


図5 表面電界分布

表1 必要メッシュ数

モデル	必要メッシュ数
ガラスアンテナ搭載モデル	91,203,740
ロッドアンテナ搭載モデル	119,441,088
ヘリカルアンテナ搭載モデル	309,327,200

2. 計算量の検証

表1で決定したメッシュ数のモデルに対して段階的にTSUBAME2.5のノード数を増加し、AMラジオ帯の解析にかかる解析時間の検証を行った(図6)。ガラスアンテナ搭載モデルは8ノードで解析時間が24H、ロッドアンテナ搭載モデルは8ノードで解析時間35Hであった。ヘリカルアンテナの解析は48Hで解析完了しなかったため、24H時点での解析時間ステップ数から解析時間を予測した。

MW STUDIOの解析において、メッシュ数1000万あたり1GBのメモリを必要とする。TSUBAME2.5搭載のGPU(NVIDIA Tesla K20X)は、搭載メモリ6GBのため、ガラスアンテナ搭載モデル、ロッドアンテナ搭載モデルの解析に必要なGPU数はメモリ上2台必要となる。ガラスアンテナ搭載モデル、ロッドアンテナ搭載モデル共に、8ノード(GPU数24)で並列計算の効果が

得られなくなったことから、必要GPU数の約10倍で並列計算の効果が得られなくなる結果となった。

ヘリカルアンテナ搭載モデルにおけるGPU数は、メモリ上6台(2ノード)必要となる。ガラスアンテナ搭載モデルと同様に、必要GPU数の10倍を超えると並列計算の効果が得られなくなっており、36ノード(GPU数108)でも63Hの解析時間を要し、AMラジオ帯の解析は従来通りアンテナモデルを簡易化して解析時間短縮を図る必要があると判断した。

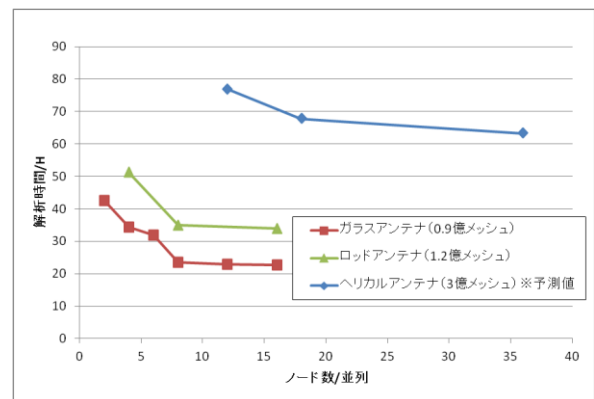


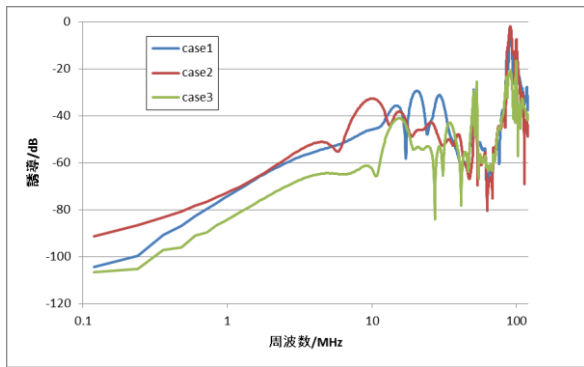
図6 解析時間とノード数

3. ワイヤハーネス配索違いによる放射ノイズ解析

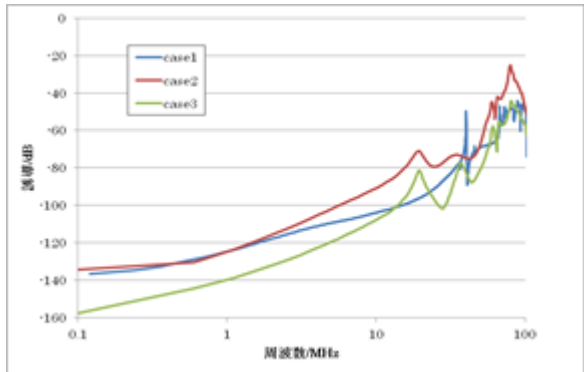
ガラスアンテナ搭載モデル、ロッドアンテナ搭載モデルに対して、3つのワイヤハーネス配索経路をそれぞれモデル化し、ラジオアンテナへの誘導量を評価した。

図7に示すワイヤハーネス配索からガラスアンテナ、ロッドアンテナへの誘導量より、AM帯におけるアンテナへの誘導量は配索case3が最も小さいことが確認できた。

図8に示す1MHzにおける電界分布により、配索case1, case2は、自動車ボディ全体に電界が発生しているのに対して、配索case3では、自動車ボディの前方、後方に電界が発生している。電界分布からも、配索case3の優位性が確認できた。

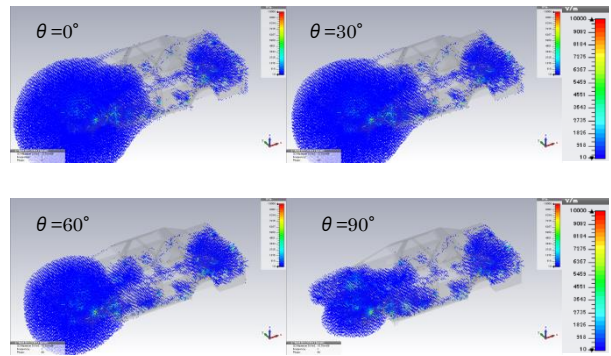


(a) ガラスアンテナ搭載モデル



(b) ロッドアンテナ搭載モデル

図7 アンテナへの誘導電流



(c) 配索 case3

図8 1MHzにおける電界分布

まとめ、今後の課題

TSUBAME2.5により、ワイヤーハーネスを高精度で形状再現したモデルを搭載した自動車モデルに、ガラスアンテナ、ロッドアンテナ、ヘリカルアンテナそれぞれを搭載したモデルの必要メッシュ数とAMラジオ帯の解析にかかる解析時間の検証を行った。

その結果、アンテナ搭載モデルは、メモリ上必要とされるGPU数の約10倍まで並列計算の効果が得られた。

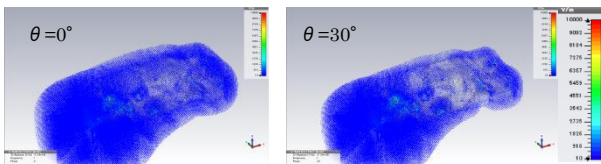
ガラスアンテナ搭載モデル、ロッドアンテナ搭載モデルに関しては、3つのワイヤーハーネス配索経路について解析し、ノイズ源の可視化やラジオアンテナへの誘導電流を短時間かつ高精度で解析できる事が確認できた。

以上、TSUBAME2.5により、ワイヤーハーネスを高精度に形状表現したモデルを解析し、放射ノイズの少ないワイヤーハーネス配索の検討を効率的に行うことができる事を確認した。

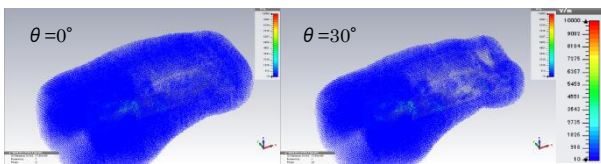
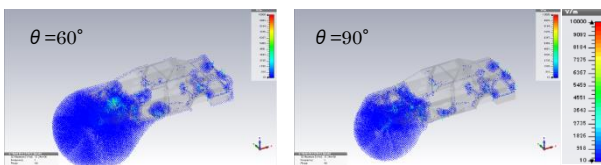
今後は本成果を生かして、新たなモデルに対しても解析技術の開発を進めていく予定である。

謝辞

本課題実行におきまして、CST STUDIO SUITEのサポートを頂きました株式会社イーイーティーの皆様方、およびTSUBAME2.5のトレーニングやサポートを頂きました東京工業大学学術国際情報センター共同利用推進室の皆様方に深く感謝いたします。



(a) 配索 case1



(b) 配索 case2

