

自動車の電磁界解析のためのモデリングに関する研究

2003MT061 村松直英 2003MT086 大崎和彦 2003MT099 鈴木暁博

指導教員 稲垣 直樹

1 はじめに

1.1 研究背景

高度情報化社会が進む中、ユビキタスという言葉が回るように、いつでも情報を手に入れるための可能性の向上が求められている。移動体である自動車に対しても同様に求められ、現在、無線による情報交換や FM/AM ラジオ、携帯電話、カーナビゲーションシステムなどが利用されている。今後、これらの技術をさらに発達させる中で、通信速度や精度、より無駄のない効率的な通信方法が要求される。

1.2 目的

自動車などの移動体で通信するためには電磁波の出入り口となるアンテナが重要な役割を担っており、その機能、状況で通信の速度や精度にも大きく影響する。例えば、アンテナの取り付けられる自動車の車体形状とその取り付け位置で大きく変化してくる [1]。

本研究では、先行研究ではできなかったリアルモデルの解析を行う。その結果と簡素モデルの解析結果との違いを比較し、より効果的な結果を得ることを目的とする。その結果により、より効果的な通信を実現させるためのデータの収集や、今後開発する際のコスト、時間の削減などに繋げていくことができるのではないかと考える [2]。

1.3 方法

本研究では FEMAP でリアル形状車体モデル、平面で構成される簡素な車体モデルをモデリングし、それを FEKO に連動させ、そのプログラム上で周波数 300MHz で 1/4 波長モノポールアンテナを搭載し、グラウンドには無限アスファルト平面を用いて解析する。解析結果より、リアルモデル及び簡素モデルを比較し考察する。

また、モノポールアンテナはアンテナ素子周囲にある散乱体、特に車体の影響によって特性が大きく影響するため、必ずしも最適な条件で用いられるとは限らない。そのためワゴン、セダン、小型の 3 車種の形状で研究を進める。さらに、それらの結果から電波の通信に適したアンテナの位置を調べる。

300MHz を採用するのは現在の車載無線機が 300MHz であり、これは D 社の研究でも用いられている。通信系以外の制御系であると、スマートエントリーとキーレスエントリー、タイヤ空気圧センサがある。300MHz 以下の放送系であると、TV (VHF-L(H)) や AM/FM ラジオがあげられる [3][4]。

2 自動車のモデル化

2.1 完成モデル図

FEMAP でモデリングした図を以下に載せる。

2.1.1 セダンモデル

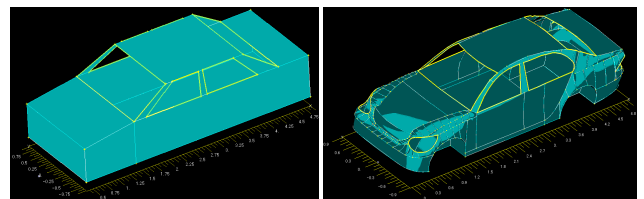


図 1 簡素モデル

図 2 リアルモデル

2.1.2 ワゴンモデル

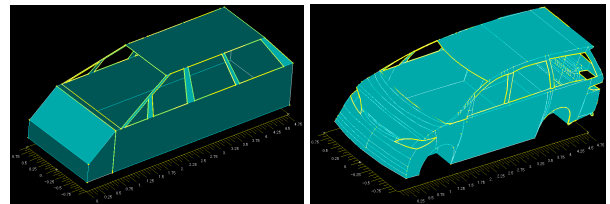


図 3 簡素モデル

図 4 リアルモデル

2.1.3 小型モデル

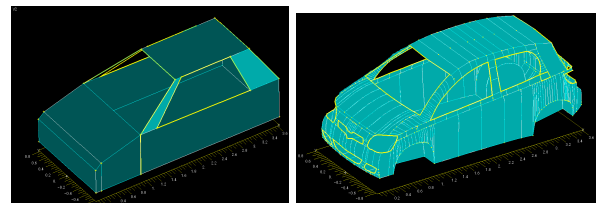


図 5 簡素モデル

図 6 リアルモデル

3 アンテナについて

3.1 モノポールアンテナ

モノポールアンテナは導体平面盤上にエレメントを垂直に立て、エレメントと地盤の間で給電した構造のアンテナである。モノポールアンテナの指向性は水平面内で無指向性である。モノポールアンテナは、構造が単純で小型化しやすい特徴があり、車体のような金属のものに影響されやすい。また実際には地盤が有限であるため、その影響でも指向性が大きく変化する [5]。

3.2 車載アンテナに求められる特性

3.2.1 指向性と利得

指向性とはアンテナにより様々な角度方向へ放射される電力あるいは電界強度の強弱、すなわち方向性のことである。例えば、自動車同士の通信である車車間通信では、水平方向の指向性が必要であり、カーナビゲーションやETCのような通信では、上方向の指向性が必要である。また、利得とは同一電力を被測定アンテナと基準アンテナに加えた場合の電力の比であり、利得が高いほど放射電力が強いことを意味する。

4 数値解析

4.1 アンテナ設置位置

本研究ではそれぞれの車体のアンテナの最適配置位置を見つけるため、FEKO プログラムの A0 カードを用いて解析をする。

4.1.1 A0

A0 とは、物体に平面波を当てる FEKO プログラムである。本研究ではその電流の流れ方を見てどの部分が一番、電流、電荷などが強いかを調べ、より効率良く電磁波を受信できるアンテナ設置位置を探す。

今回使用した平面波での解析は、車体の解析と同じ周波数 300MHz で行う。GROUND は無限アスファルト平面 (比誘電率 5, 導電率 0.01[s/m]) である。入射平面波が当たる面は、

- ・ X 軸方向：車体の後方
- ・ Y 軸方向：車体の右側
- ・ Z 軸方向：車体の真上
- ・ -X 軸方向：車体の正面

である。-Y 軸方向からは車体の形状は左右対称になるので解析結果も左右対称になると考える。

4.1.2 電荷分布

以下にセダンリアルモデルを解析した一例図を載せる。

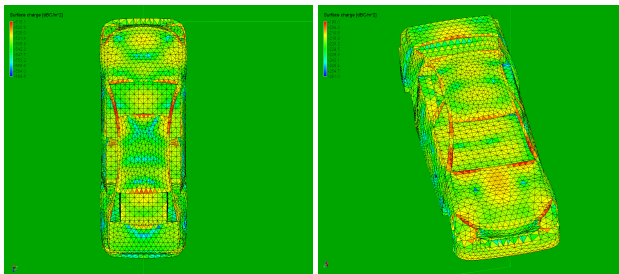


図 7 -X 軸方向電荷分布 (左側)
Z 軸方向電荷分布 (右側)

電流が強い所は磁界が強く、電荷が強い所は電界が強い。モノポールアンテナは付け根が電荷、先端は電流が強くなるため、電荷の強い場所に設置する。そして、この A0 解析で得た結果とは別に、実際のアンテナ設置位置も解析していく。それにより実際の指向性を知ると共に、その実態を調べていく。

4.1.3 セダンアンテナ設置位置

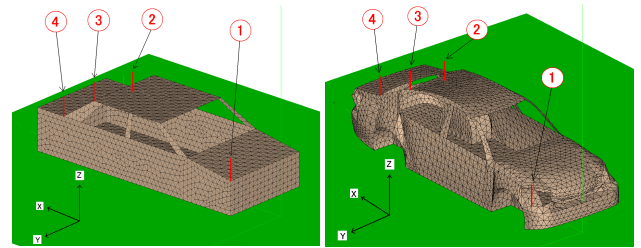


図 8 簡素モデル

図 9 リアルモデル

簡素モデル, リアルモデルの結果からこれらの位置にアンテナを設置する。

- ・ 1 : 車体の右前端
- ・ 2 : ルーフセンターバック
- ・ 3 : ルーフ右後端
- ・ 4 : 車体右後端

ルーフセンターバック, 車体右前端は実際にセダン型自動車に設置されている場所でもある。

4.1.4 ワゴンアンテナ設置位置

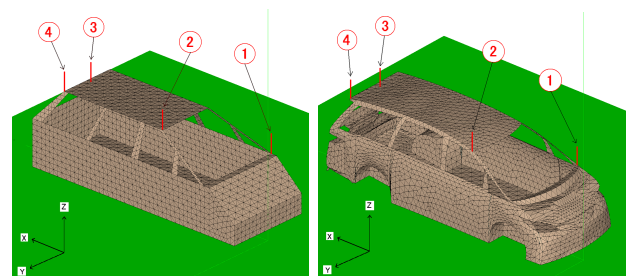


図 10 簡素モデル

図 11 リアルモデル

簡素モデル, リアルモデルの結果からこれらの位置にアンテナを設置する。

- ・ 1 : ピラーフロントガラス左前
- ・ 2 : ルーフ右前端
- ・ 3 : ルーフセンターバック
- ・ 4 : ルーフ右後

ルーフセンターバックは実際にワゴン型自動車に設置されている場所でもある。

4.1.5 小型アンテナ設置位置

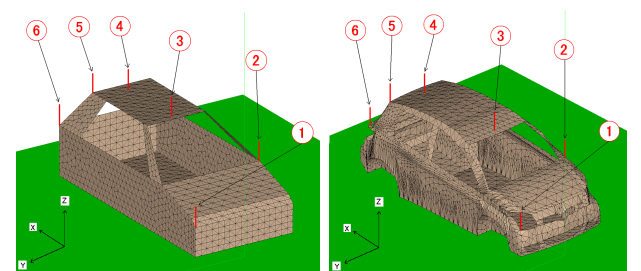


図 12 簡素モデル

図 13 リアルモデル

簡素モデル, リアルモデルの結果からこれらの位置にアンテナを設置する。

- ・ 1 : 車体右前端 ・ 2 : ピラーフロントガラス左前
- ・ 3 : ルーフセンター前 ・ 4 : ルーフセンターバック
- ・ 5 : ルーフ右後端 ・ 6 : 車体右後端

ルーフセンターバック, ルーフセンター前は実際に小型自動車に設置されている場所でもある。

4.2 セダンモデルの解析結果

解析図は図 8, 9 の, 3:ルーフ右後端を載せる。

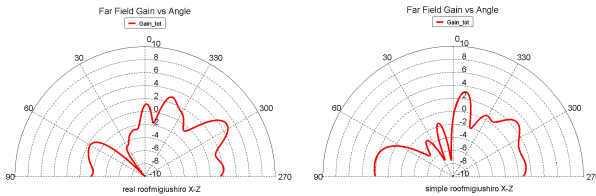


図 14 X-Z 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

両モデルで似たような指向性が得られた。リアルモデルは 300 度方向が最大利得で約 5dBi であり, 簡素モデルは 350 度方向が最大利得で約 3dBi である。リアルモデルのみ, 50 度方向の利得が極端に低い。

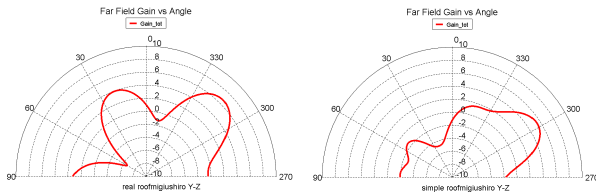


図 15 Y-Z 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

リアルモデルは 320 度方向が最大利得で約 7dBi であり, 簡素モデルは 300 度方向が最大利得で約 6dBi である。

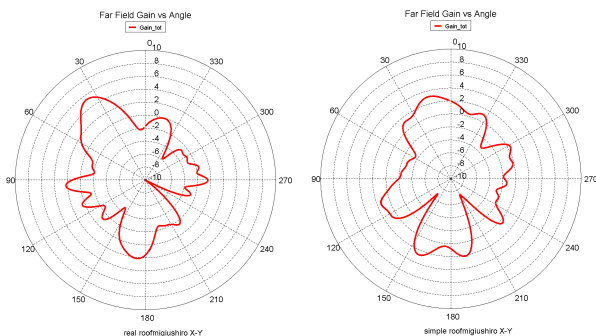


図 16 X-Y 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

リアルモデルは 40 度方向が最大利得で約 5dBi であり, 簡素モデルは 20, 160 度方向が最大利得で約 3dBi である。リアルモデルは 240 度方向の利得が極端に低い。

・ 総合考察

X-Z 平面の, リアルモデルの 30 度方向の NULL, 簡素モデルの 30~45 度方向の利得の減衰はアンテナの設置位置がリアガラスの付け根であったため, 電波が車内に吸収されてしまったと考えられる。Y-Z 平面には両モデルとも設置位置の反対方向に強い指向性が見られる。

4.3 ワゴンモデルの解析結果

解析図は図 10, 11 の, 3:ルーフセンターバックを載せる。

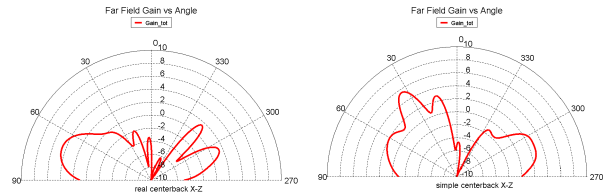


図 17 X-Z 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

リアルモデルは 70 度方向が最大利得で約 4.3dBi であるのに対し, 簡素モデルの最大利得は 32 度方向で約 5.2dBi である。両モデルとも 345 度方向に NULL が見られる。

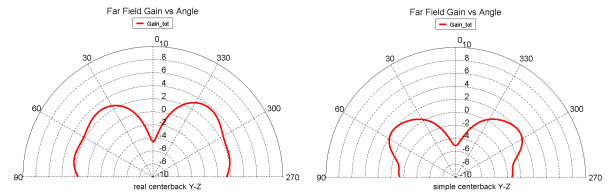


図 18 Y-Z 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

両モデルでほぼ同じような指向性が得られた。リアルモデルは 320 度方向が最大利得で約 3.9dBi であり, 簡素モデルは, 47 度方向が最大利得で約 2dBi である。

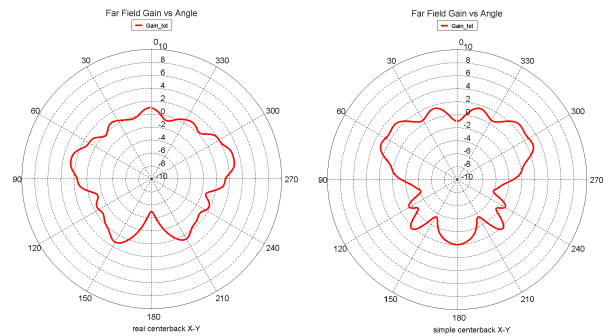


図 19 X-Y 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

ほぼ同じような指向性が得られたが, 180 度方向に顕著な違いが現れた。リアルモデルは 75 度方向, 285 度方向が最大利得で約 3dBi であり, 簡素モデルは 65 度方向, 290 度方向が最大利得で約 3dBi である。

・ 総合考察

各面を見ていくと, 垂直面内指向性が低いことに気付く。X-Y 平面 (水平面内) では NULL もなく安定しているように見えるが, 利得は -5dBi である。モノポールアンテナは基本的に垂直方向の通信能力は低いとされており, 電磁波を受信するには 1dBi 必要とする中でこの通信能力の低さは否めない。また, 簡素モデルの方が水平面内の指向性は優れている場合があるので, 研究過程での簡素モデルでの利得値への過信には注意するべきである。

4.4 小型モデルの解析結果

解析図は図 12, 13 の, 1:車体右前端を載せる.

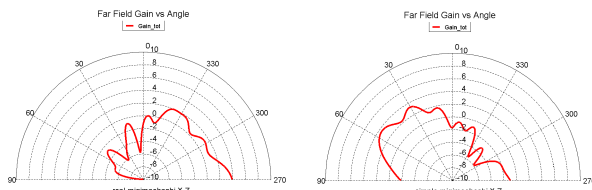


図 20 X-Z 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

両モデルではほぼ左右対称の結果が得られた. リアルモデルは 270 度方向が最大利得で 4dBi であり, 簡素モデルは約 57 度方向が最大利得で 3.8dBi である.

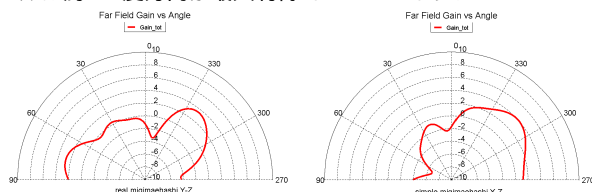


図 21 Y-Z 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

リアルモデルは 320 度方向が最大利得で 3.5dBi であり, 簡素モデルは 315 度方向が最大利得で 4dBi である. リアルモデルは 75 度方向の利得が高いが, それに対して簡素モデルは 75 度方向の利得が極端に低下している.

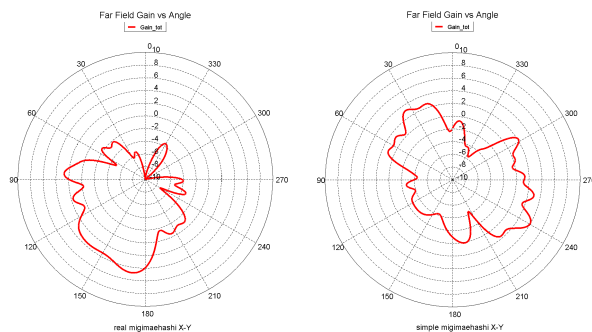


図 22 X-Y 平面 リアルモデル (左図)
簡素モデル (右図)

両モデルで逆の結果が得られた. リアルモデルは 170 度方向が最大利得で約 5dBi であり, 簡素モデルは 240 度方向が最大利得で約 4dBi である.

・総合考察

X-Z 平面の左右対象の指向性はセダンモデルの車体右前端にも見られた. 車体右前端はライトの穴があり, そこにアンテナを設置したことによって, 車体内部に電磁波が吸収され, 本来反射して得られるはずの指向性が現れないのだと考えられる. その電磁波が代わりに 270 度方向に強い指向性を示している. 一方, 簡素モデルには特有の反対方向に現れる指向性が見られる. Y-Z 平面指向性においても同様である.

5 むすび

リアルモデル, 簡素モデルの共通点は, アンテナ設置位置の反対方向に強い指向性が現れることである (セダン, 小型モデルにアンテナを車体右前端に置き, X-Y, Y-Z 平面で指向性が左右対称になった場合を除く). しかし, X-Y 平面においては反対方向には現れていない. これはあくまで X-Y 平面のグラウンド面内の指向性であり, 三次元的に見ていくと指向性はやはり設置位置の反対方向に現れていた.

リアルモデルと簡素モデルでは異なった結果が多く得られた. 今回の研究のデータを見ると, 両モデルで近い指向性を示しているのは全てアンテナをルーフに設置した場合である. 車体のルーフ付近は両モデルともそれほど目立った違いがないという事が大きく関係していると考えられる. また, セダンと小型の車体右前端のように, ピラーや車体の端に設置した場合には, 車体下半分のタイヤの窪み, ライトの穴, そしてモデルの凹凸の違いが大きく関係していると考えられる. 今後は簡素モデルとリアルモデルでの形状の違い (ライトの穴, タイヤの窪み) など簡素モデルの一部として研究すべきである.

それぞれのアンテナ設置位置の指向性がそれぞれの利得, その方角を示した. どのアンテナ設置位置が通信において一番有効だということは一概にはいえず, その受信用途によってアンテナ設置位置を変えていく必要がある. そして実際の車体に設置されているアンテナは複数種複数個である. それぞれの指向性をお互いに活かし合えば効果は増大し, 弱点の NULL も解決できると考える.

今後の課題として, 周波数を増加しての解析, 車内と路面環境を変化させての解析, 簡素モデルをどこまで簡素化してよいのかということが挙げられる. また, A0 をアンテナの位置を探すためだけでなくどのアンテナの位置がどの方向からの電磁波に有効なのかを研究していくとまた視野を広げることができる.

参考文献

- [1] 西川訓利: 車載アンテナの VHF 帯および UHF 帯における特性解析に関する研究, 名古屋大学博士論文 (1986).
- [2] 成田周司, 則竹佳人, 鳥居正浩: 自動車の電磁界解析のためのモデリングに関する研究, 南山大学数理情報学部情報通信学科 2004 年度卒業論文要旨集 (2004).
- [3] 自動車用受信アンテナの標準化評価報告書, 一般電装分科会 (アンテナ調査小委員会), <http://www.jsae.or.jp/08std/survey/anntena.pdf#search>.
- [4] 高岡彰, 福井伸治, 古屋秀貴特集: 電磁界シミュレーションを用いた車両周辺の電波伝搬解析, http://www.denso.co.jp/DTR/vol18_no2/dissertation15ic.pdf#search.
- [5] 佐藤源卓, 川上春夫, 田口光雄: 現代アンテナ工学, 総合電子出版社 (2004).