

車内設置用車載アンテナに関する研究

2006MI032 細川 地穂 2006MI097 黛 龍

指導教員 稲垣 直樹

1 はじめに

1.1 研究背景

近年 移動体通信技術の発展や ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) の進展に伴い、道路交通情報通信システムや ETC など様々な取り組みがなされるようになり、安全運転の支援や交通渋滞の軽減など、快適なカーライフが実現されている。このようなシステムの発展が進むにつれて車載アンテナも小型化や広帯域、高利得化が望まれている。

1.2 先行研究

先行研究では FEMAP を用いてセダンモデル、ワゴンモデル、コンパクトモデルの 3 種の車体を、各車種でリアル形状車体モデル、簡素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 の 1/4 波長のモノポールアンテナを取り付け解析を行った。その解析結果より、リアルモデル及び簡素モデルを比較し考察した。その結果、車外に設置するアンテナでは上方向への指向性があるため、水平方向への指向性利得が衰えがちになることがわかった [1]。

1.3 研究目的

本研究では、先行研究から明らかとなった車外に設置されているアンテナの問題点を解決するため、車内にアンテナを設置し、そのアンテナで従来のアンテナ以上の水平方向への利得が得られるかを検証する。

また一般的に実用性のあるアンテナとして必要とされている利得は 1dBi 以上であるので、本研究で取り扱う車内設置用車載アンテナについても 1dBi 以上の利得が得られるかも合わせて検証する [2]。さらに、無線機等の電力の伝送用に使われるアンテナの特性インピーダンスは 50 が一般的なので、実部が 50、虚部が 0 になるようにマッチングを取る。

1.4 研究方法

解析には、先行研究で FEMAP を用いて作成されたリアルモデルを用いる。様々な車種に対応するため先行研究でも用いられた、一般的な乗用車を想定したセダンモデル、大型車を想定したワゴンモデル、小型車を想定したコンパクトモデル、この 3 種類の形状で研究を進める。

各車体モデルを FEKO に連動させ、周波数 720MHz の 1/4 波長の逆 F 型アンテナを車内ルーフに設置し解析を行い、先行研究での解析結果と比較を行った。また

グラウンドには無限アスファルト平面 (比誘電率 5 , 導電率 $0.01 [s/m]$) を用いる。

通常、車外に設置されているアンテナは 1/4 波長のモノポールアンテナが主流となるが、本研究で提案するアンテナは車内に設置するため、アンテナの低姿勢化を考慮し 1/4 波長の逆 F 型アンテナを用いた。

周波数 720MHz を採用するのは、2011 年に行われる周波数再編により車車間通信に利用される周波数が 715 ~ 725MHz となることから、その間をとって 720MHz を用いることにした [3][4]。

2 逆 F 型アンテナ

逆 F 型アンテナはモノポールアンテナのエレメントを 90° の角度で曲げ、給電点付近に短絡部をつけ、マッチングを取りやすくしたものである。本体部と短絡部の太さの比を変えることにより、放射抵抗を大きくしマッチングを行う方法がよく用いられている。逆 F 型アンテナはモノポールアンテナに比べ低姿勢、薄型形状のため車内に設置するのに適していると考えられる。

実際の逆 F 型アンテナの図が図 1 である。図 1 にあるようにアンテナの高さを h 、給電部と短絡部の距離 d 、給電部の太さ r_2 とし、これらの値を変化させ、アンテナの設計を行った。グラウンドには無限導体平面を用いる。

また全長は周波数 720MHz の 1/4 波長なので 10.6cm、ワイヤー半径 r_1 は一般的に用いられている 0.1cm である。

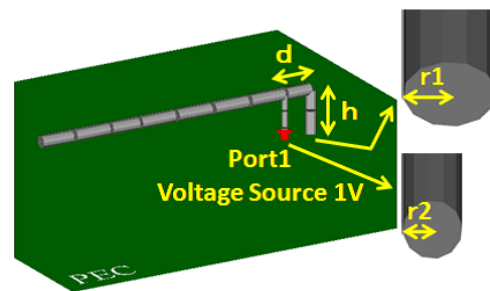


図 1 逆 F 型アンテナ

2.1 設計

まずはマッチングが取れる (アンテナの特性インピーダンスが実部 : 50、虚部 : 0) ようなアンテナを設計するため、無限導体平面上にアンテナを設置し、設計を行った。その際のアンテナの寸法は、全長が 10.6cm、

ワイヤー半径 0.1cm とした。d, h, r2 は OPTFEKO を用いて、マッチングが取れるアンテナを設計した。その結果、 $d = 0.22\text{cm}$, $h = 1.5\text{cm}$, $r2 = 0.02031\text{cm}$ となった。

次に有限平面上に同じ設計のアンテナを設置し、アンテナ付近に円形の平面を作成し、その部分のメッシュを細かくし、マッチングが取れるようなメッシュサイズ、円の半径、円のメッシュサイズを求めた。その結果、メッシュサイズは 8cm、円の半径は 1.76cm、円のメッシュサイズ 0.6cm となった。図 2 は有限平面にアンテナを設置した図である。赤い円で囲まれた部分のメッシュサイズを平面のメッシュサイズよりも細かくしている。リアルモデル車内天井にアンテナを設置することを考慮し、縦 1.5m、横 1m の有限平面を用いた。

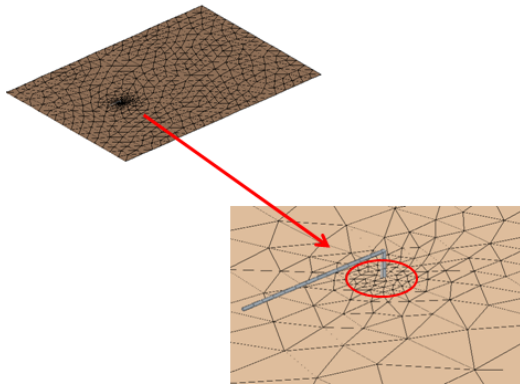


図 2 逆 F 型アンテナ 有限平面

3 自動車モデル

設計したアンテナを車体に設置しマッチングを取るためには、アンテナ設置位置付近のボディーのメッシュを円形に細かくする必要があるため、FEMAP で車体モデルの車内天井に円形の平面を作成し、その部分のメッシュを細かくし、リアルモデルを作成した。

4 数値解析

4.1 アンテナ設置位置

自動車モデルに設置するアンテナの設置位置は、中間発表の解析結果を参考にし、セダンモデル、ワゴンモデルは車内ルーフの前方部分、コンパクトモデルは車内ルーフ中央部分に設置し解析を行った。

図 3 は実際にアンテナを車体モデルに設置した図であり、また図 4 はアンテナ付近を拡大した拡大図である。

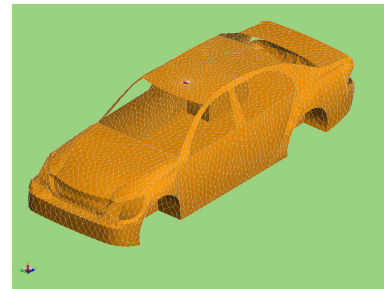


図 3 セダンモデル

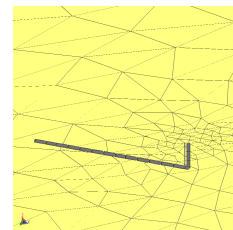


図 4 セダンモデル アンテナ付近の拡大図

4.2 セダンモデル解析結果

図 5 はセダンモデルの解析結果の利得図と先行研究での解析結果の利得図とを比較した図となっている。赤い線が本研究での解析結果となっており、青い線が先行研究での解析結果となっている。また緑の線は基準となる 1dBi である。

図 5 に示すように 160 度方向が最大利得で約 4.2dBi である。車体横方向では利得がやや低くなっているが、ほとんどの方向で基準となる 1dBi が得られている。また後方、前方から左斜め前方にかけては先行研究より、より高い数値の利得を得ることができている。他の方向では先行研究と似たような利得の数値である。

インピーダンスは実部 50.2 , 虚部 1.34 とほぼマッチングが取れた。

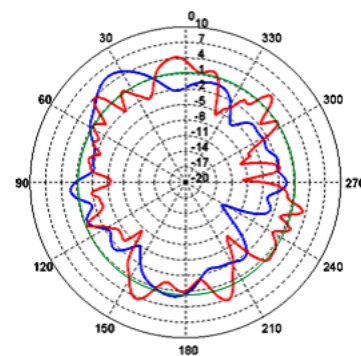


図 5 セダンモデル 比較利得図

4.3 ワゴンモデル解析結果

図6はワゴンモデルの解析結果の利得図と先行研究での解析結果の利得図とを比較した図となっている。赤い線が本研究での解析結果となっており、青い線が先行研究での解析結果となっている。また緑の線は基準となる1dBiである。

図6に示すように3度方向が最大利得で約4.5dBiである。車体斜め前方、斜め後方では利得がやや低くなっているが、ほとんどの方向で基準となる1dBiが得られている。また前方、後方では先行研究より、より高い数値の利得を得ることができている。他の方向では先行研究と似たような利得の数値である。

インピーダンスは実部 50.6 , 虚部 0.90 とほぼマッチングが取れた。

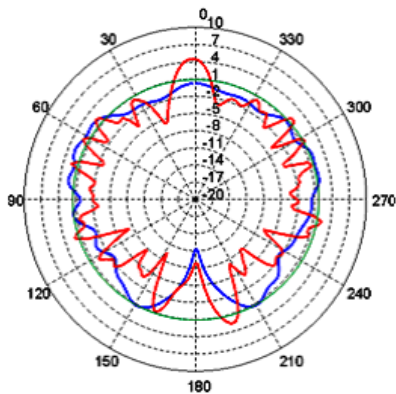


図6 ワゴンモデル 比較利得図

4.4 コンパクトモデル解析結果

図7はコンパクトモデルの解析結果の利得図と先行研究での解析結果の利得図とを比較した図となっている。赤い線が本研究での解析結果となっており、青い線が先行研究での解析結果となっている。また緑の線は基準となる1dBiである。

図7に示すように180度方向が最大利得で約7.0dBiである。車体前方でより高い利得を得ることができた。しかし斜め前方では他の方向と比べると利得が低くなっている。基準となる1dBiは、利得が低くなっている斜め前方以外ほとんどの方向で得ることができている。また前方、後方ではより高い数値の利得を得ることができている。他の方向では斜め前方では利得が低くなっているため、斜め前方以外ではほとんどの方向で先行研究より高い数値の利得を得ることができた。

インピーダンスは実部 49.6 , 虚部 1.76 とほぼマッチングが取れた。

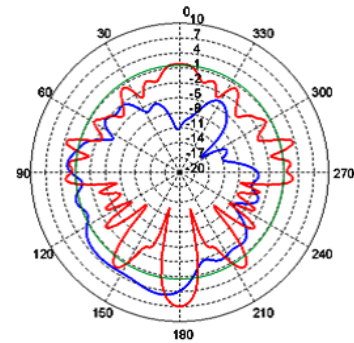


図7 コンパクトモデル 比較利得図

4.5 人体からの影響

自動車モデルに逆F型アンテナを搭載し解析を行ってきたが、車内にアンテナを搭載するにあたって、人体が電波に及ぼす影響を考慮する必要がある。そこで本研究では人体モデルを自動車モデルに乗せ、アンテナを搭載し、解析を行い利得の変化を検証する。

4.5.1 人体モデル

人体モデルには図8の人体頭部モデル(縦:28cm, 横:15cm)を自動車モデルに乗せ解析を行った。全体を脳(比誘電率:39.598, 導電率:0.53716[s/m], 比重:1.039[kg/m³])と見立て解析を行い、利得の変化を観察した。

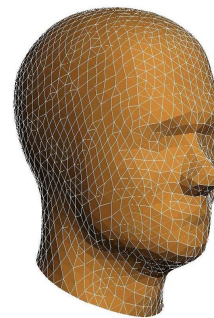


図8 人体頭部モデル

さきほどの人体モデルを自動車モデルに搭載し、解析を行った。今回使用する自動車モデルは、人体頭部モデルとアンテナがより接近する、セダンモデルを用いた。人体モデルを乗せる位置は、運転席(自動車フロントから2.2m, 高さ1.2m, 正面から見て中央の0.3m左の位置)である。

図9は実際に自動車モデルに人体頭部モデルを乗せた図である。

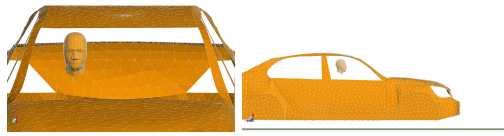


図9 人体モデル セダンモデル搭載 正面図 横図

4.5.2 解析結果

図10は人体モデルを載せた後の解析結果と載せる前の解析結果となっている。赤い線が人体モデルを乗せ解析を行った結果の利得図である。青い線が人体モデルを乗せる前の利得図となっている。また人体頭部モデルは約120度方向に乗っているものとする。

図10に示すように160度方向が最大利得で約5.2dBiである。また人体モデルを載せる前の解析結果の利得図と比較してみると、若干ではあるが、最大利得が増加している。車体前方や後方も人体モデルを載せる前の解析結果よりも高い数値の利得が得られている。しかし人体モデルを乗せた斜め右前方の利得が若干ではあるが低くなっている。目立って低下しているわけではないので、それほど問題ではないと言える。

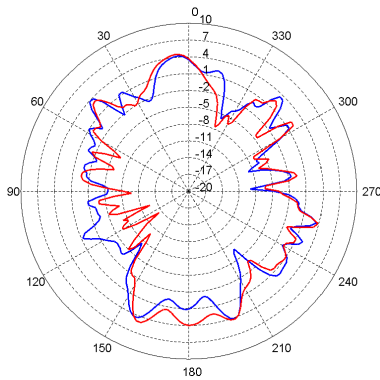


図10 人体モデル 比較利得図

5 まとめ

私たちはマッチングを取るためのアンテナを設計し、3種類の自動車モデルにこのアンテナを搭載し解析を行った。中間発表の結果より、セダンモデル、ワゴンモデルでは、前方部分に、またコンパクトモデルでは中央部分にアンテナを設置することでより良い利得が得られることがわかった。この結果から、マッチングを取るためのアンテナをセダンモデル、ワゴンモデルでは前方部分に、コンパクトモデルでは中央部分に搭載し、解析を行った。その結果セダンモデルでは、160度方向が最大

利得で約4.2dBi得られ、車体横方向では利得がやや低くなっているが、ほとんどの方向で基準となる1dBiが得られた。ワゴンモデルでは、3度方向が最大利得で約4.5dBi得られ、車体斜め前方、斜め後方では利得がやや低くなっているが、ほとんどの方向で基準となる1dBiが得られた。コンパクトモデルでは、180度方向が最大利得で約7.0dBi得られ、車体前方でより高い利得を得ることができた。しかし斜め前方では他の方向と比べると利得が低くなっている。基準となる1dBiは、利得が低くなっている斜め前方以外ほとんどの方向で得ることができている。最後に人体からの影響を検証するために、セダンモデルに人体頭部モデルを乗せ、解析を行った。結果、人体顔モデルによって電波が反射散乱してしまうため、斜め右前方の利得がやや低くなったが、ほとんどの方向で基準となる1dBiが得られた。

すべての結果から、必ずしも車内にアンテナを設置したことで、良い利得が得られるとは限らないということがわかった。先行研究の解析結果の利得より高い数値の利得を得られることもあるが、下回ってしまう部分もあった。総合的に利得をみると、本研究で取り扱った車内設置用車載アンテナの方が高い数値の利得を得られているが、新しく開発を行うほど従来のアンテナとの差はない。

今後の課題としては、アンテナの設置位置、車種の増加、周波数を増加しての解析、人体モデル、車内を変化させての解析が挙げられる。今回はアンテナの設置位置を前方、中央、後方と3か所のみにと絞って行ってきたので、設置位置を変えることによってより良い利得が得られると期待される。他にも今回は人体モデルに頭部モデルを用いたが、全身のモデルともなるとより指向性利得が変化することが予想される。

参考文献

- [1] 村松直英, 大崎和彦, 鈴木暁博, “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 2006年度卒業論文 (2007.1).
- [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 (2005.1).
- [3] 穂刈友規, 佐藤雅大, 鈴木祐也, “車車間通信における最適周波数の選定” 南山大学数理情報学部情報通信学科 2007年度卒業論文 (2008.1).
- [4] All-one-INTERNET magazine2.0
活性化する電波/周波数の割り当て (7),
<http://wbb.forum.impressrd.jp/feature/20071004/469>.