

車体をアンテナの一部として用いた HF 帯アンテナの電磁界解析と実測

2015SC008 福田大智

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

現代社会において自動車は必要不可欠な移動手段である。高度情報社会が進む中、自動車においてもカーナビゲーションやラジオなどが利用され、それに伴い通信方法の開発は日々進展している。また、バスやタクシーなどの乗り物においても会社や車両間で通信を取り合い、情報交換をするために、常にレーダー探知機や無線通信機器が用いられている。このように、最近の自動車業界では、ITS(Intelligent Transport Systems) 技術と称される自動車の新たな基本機能となる「つながる」機能が加えて定義されるようになり、さらなる進化を遂げている [1]。自動車でも無線通信を行うには自動車の機器本体とアンテナを設置するだけで良いが、感度についてはアンテナを取り付ける位置とアンテナの長さ、車体の形などによって大きく作用される。さらに、昨今では新たな観点としてデザインと機器の多様化からアンテナに大きさや形などの様々な制約が発生したため、さらなる車載アンテナの進化が難しくなっている。

本論文では上述の問題点について解決するべく、自動車の一部をアンテナとして用いることで克服できないかという新しい車載アンテナを提案する。このアンテナをシミュレーション及び実測を通して、未来の車載アンテナのひとつとして実現できるかどうかを考察、評価することが本研究の課題である。

2 先行研究

この研究で参考にした先行研究は2つある。まず、一つ目は自動車に用いられているアンテナ、通信機器、通信技術の様々な種類の説明、変遷や今後の動向について記されているものである。さらに、アンテナの性能向上についての課題や取り組みなどにも述べられており、現在の車載アンテナについて広く理解し、本研究のアイデアを得るために参考にした [1]。2つ目は、アンテナ・チューナーの作り方について記載されている文献である。本研究で取り扱う 7MHz 帯は、アマチュア無線でよく用いられる帯域であるが、アンテナのエレメント長が半波長でも 21m 程度と長い。そこで [2] に記載されている、アンテナ・チューナーを作製し短縮化を図る。

3 シミュレーション

本研究ではシミュレーションに XFDTD を用いる。また、本研究で評価対象とする反射特性 (S_{11}) は、電圧・電流を入射波成分と反射波成分に分解し、かつ特性インピーダンスの平方根で規格化した「正規反射波」を「正規入射波」

で割ったものの比率である [3]。シミュレーションにおいては、リアルな 3D モデルを使用し実行する予定であったが、該当モデルはシミュレーションソフトで実行するにはジオメトリの個数が多く、シミュレーション環境において負荷が大きすぎる問題が発生した。よって、本研究では自動車の簡易モデルを提案し、車体の全長、全幅、全高を実際の車体に合わせた長方形のモデルを使用する。具体的には、自動車の大きさは一般的な軽自動車の規定に基づく、全長 3395mm、全幅 1475mm、全高 1550mm になっている。さらに、アンテナのモデルは簡易化のため、太さの設定をしないままシミュレーションを実行する。アンテナの長さは 1500mm、高さ 500mm である。素材には完全導体を用いている。図 1 は、本研究で作製し、使用したアンテナ・チューナーの写真である。実測で用いる三菱 EK ワゴンの写真とシミュレーションで用いる車両の 3D モデルを以下の図 2、図 3 に示す。

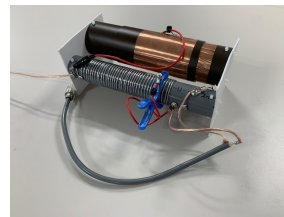


図 1 アンテナ・チューナー 図 2 実測で使用する車両

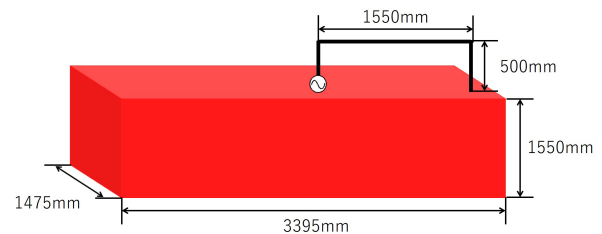


図 3 シミュレーションで使用する簡易モデル

4 ループアンテナについて

この章では本研究で用いるアンテナについて説明する。

4.1 ループアンテナとは

今回使用したアンテナはループアンテナである。ループアンテナは銅線を円形または方形のループ状に巻いたものである。HF 帯以下の電界強度測定用または方向探知用の受信アンテナとして用いられている。また、水平面の指向性は 8 の字状となり、垂直面の指向性は無指向性になる。

4.2 ループアンテナの作製

本研究では、ループアンテナを作製し、実測を行った。ループアンテナの詳細は、直径 3mm、長さ 1500mm、高さ 500mm の大きさで銅棒を加工して作製した。作製手順は、グラインダーを用いて銅棒を切断し、長さ 500mm の銅棒を 3 つ作成、1 本目の切断した棒を 1000mm に銅パイプ (約 150mm) を用いて溶接する。この時、銅棒にはんだペーストを塗り、銅ろうを使い溶接する。次に銅パイプ 2 本をバーナーで炙り 90 度に曲げる。1500mm になった銅棒と 500mm の銅棒を曲がったパイプを用いて両側に溶接する。以上の手順を実行しアンテナを作製した。図 3 は完成したループアンテナである。



図 4 溶接風景



図 5 完成したアンテナ

5 実験結果

この章ではシミュレーションと実測の結果を示す。

5.1 放射パターン

図 6 と 図 7 は、シミュレーションモデルの放射パターンの結果である。図 6 は、水平面の放射パターンであり、180° 方向に地面を想定してあるため、左半分には放射がされていないことがわかる。天頂方向 (0° 方向) には 3dBi 以上の値で放射されているためシミュレーションの結果は良好であると考えられる。また、垂直面の放射パターンである図 7 は、自動車を設置した影響で多少の歪みが見えるが無指向性のパターンであることがわかった。また、どの方向にも 2dBi 以上であることから結果は良好であると言える。

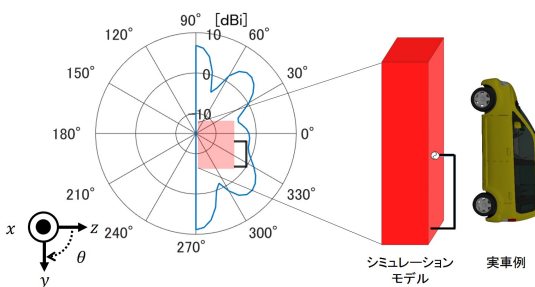


図 6 シミュレーションモデルの水平面の放射パターン

5.2 チューナーを用いた場合の実測結果

次にアンテナ・チューナーを用いた場合の実測結果のグラフを図 8 に示す。アンテナ・チューナーを用いたシミュレーションの結果は回路をシミュレーション上で表すことができず、失敗したため今回は実測のみの評価とす

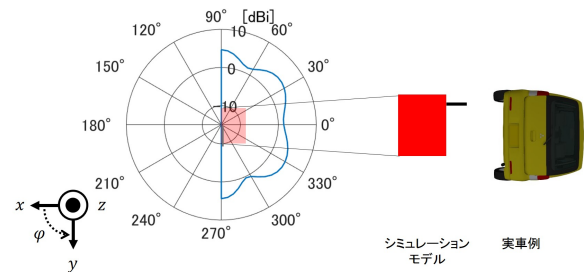


図 7 シミュレーションモデルの垂直面の放射パターン

る。最も S_{11} の値が低かったのは 7.76MHz で -29.7dB となり 7MHz 帯で -10dB 以下になった。一般的には S_{11} が -10dB 以下となることでアンテナとして使えることが示せる。よって、アンテナ・チューナーを用いたことで 7MHz 帯で自動車の一部をアンテナとして利用できるという結果を示すことができた。

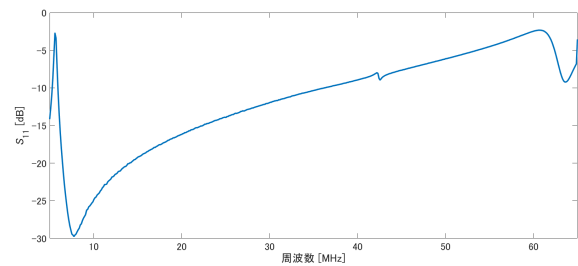


図 8 チューナーを用いた S_{11} の実測結果

6 終わりに

本研究では、自動車の一部をアンテナとし、7MHz での使用を目的にアンテナ・チューナーを用いることでループアンテナの短縮化を図った。自動車にアンテナを設置し、チューナーを用いた場合の実測結果はシミュレーション以上の良好な結果を得ることができた。しかし、チューナーを用いた場合のシミュレーション結果が実測のようにならない問題が生じた。更に、チューナーなしのシミュレーション結果と実測結果において良好な結果を得ることができなかった。理由は、シミュレーションで使用した簡易モデルが大きなる理由だと考えられる。今後の課題としてシミュレーションモデルや、回路を改善し、シミュレーションの精度を向上させて実測結果との比較を行う。

参考文献

- [1] 大江準三, 西川訓利, “自動車におけるアンテナ技術,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J89-B, No.9, pp.1569-1579, Sep 2006.
- [2] 田中宏, “7~50MHz 対応 屋外型アンテナ・チューナーの製作,” 別冊 CQ hamradio, No.29, pp.52-57, Dec 2018.
- [3] 吉川忠久, 1・2 陸技受験教室 無線工学 B 第二版, 東京電機大学出版局, 東京, 2015.