

車のルーフをアンテナの一部として用いた HF 帯ループアンテナの特性評価

2017SC037 三浦拓真

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

現在、自動車業界は 100 年に 1 度の変革期と言われ、CASE と称される「つながる技術」が重要視されている。CASE とはコネクテッド (Connected), 自動運転 (Autonomous), シェアリング (Shared), 電動化 (Electric) のそれぞれ頭文字をとったものである。加えて IoT(Internet of Things) と称される、ものとインターネットが「つながる」技術が自動車に導入されるようになり、自動運転や安全運転支援技術が実現されている。そこで必須な技術の 1 つが無線通信であり、その無線通信に欠かせないのがアンテナである。そこで本研究では、先行研究 [1] をもとに車のルーフをアンテナの一部として用い、車体の大きさを変更して使用目的の周波数である 7MHz 帯でループアンテナの短縮化ができるのか検討する。また、車体とアンテナを簡易モデル化し、車体モデルについては 3 つのモデルを作製して電磁界解析ソフトウェア XFDTD より電磁界解析を行う。その結果、シミュレーションおよび実測結果の 2 つより比較および評価を行う。

2 車上天線の短縮化

先行研究では、電磁界解析ソフトウェア XFDTD を用いて実測で用いる軽自動車を簡易モデル化し、シミュレーションが行われている。そして実測を行い、シミュレーション結果と実測結果の比較・検討して、使用目的の周波数である 7MHz 帯でループアンテナの短縮化および自動車の一部をアンテナとして利用できると報告されている。

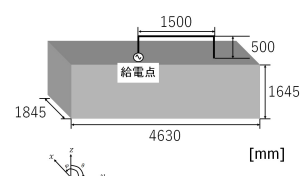
3 シミュレーションについて

本研究では電磁界解析ソフトウェア XFDTD を使用する。XFDTD とは Remcom 社によって開発された FDTD 法 (時間領域差分法) を用いた電磁界解析ソフトウェアである [2]。本研究で使用する車は図 1 のように全長 4630mm, 全幅 1845mm, 全高 1645mm と普通自動車の中でも SUV に分類される車種である。シミュレーションにおいては比較的簡易な比較検討を行うため、本研究でも実測に使用する車の全長, 全幅, 全高に合わせた立方体の簡易モデルを図 2(a) のようにモデル化しシミュレーションを行う。図 2(b) の簡易モデル 2 は立方体を 2 つ用いて、より車の形状に似せたモデルであり、図 2(c) の簡易モデル 3 は簡易モデル 2 よりも、より車の形状に似せたモデルである。シミュレーションモデルには車のルーフにループアンテナを設置した状況を想定している。さらにアンテナのモデルは簡易化のため、太さを設定しないままシミュレーションを実行

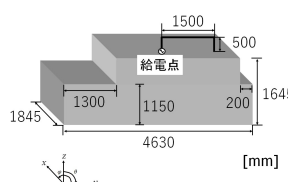
し、アンテナの長さは 1500mm, 高さ 500mm である。モデルの素材には完全導体 (PEC: Perfect Electric Conductor) を用いている。



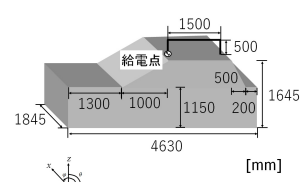
図 1 実測で使用する車



(a) 簡易モデル 1



(b) 簡易モデル 2



(c) 簡易モデル 3

図 2 シミュレーションで使用する簡易モデル

4 実測

本章では、実測で使用したアンテナおよび実測方法について述べる。

4.1 ループアンテナの製作

ループアンテナの詳細は直径 2mm, 長さ 1500mm, 高さ 500mm の大きさで銅線を加工して製作した。加工手順としては銅線を 2500mm で切断し、まっすぐに伸ばした後、500mm のところでペンチを用いて直角に曲げる。次に直角に曲げたところから 1500mm 計測し、同様にペンチを用いて直角に曲げる。図 3 は完成したループアンテナである。



図 3 完成したアンテナ

4.2 実測方法

図4(a)はチューナーなしの実測風景, 図4(b)はチューナーを用いた実測風景を示す. 図5は先行研究で製作され使用されたアンテナ・チューナー [3] の写真であり, 本研究でもこのチューナーを用いてループアンテナの短縮化ができるかどうかを検討する. 車のルーフに製作したループアンテナを銅テープと発泡スチロールを用いて固定した. 設置したアンテナにネットワークアナライザを接続し実測を行った.



(a) チューナーなし

(b) チューナーあり

図4 実測風景



図5 アンテナ・チューナー

5 反射係数 S_{11} の比較および評価

本章ではシミュレーションと実測の結果を示す. シミュレーションと実験結果の差異を確認するために, チューナーを使用せず S_{11} のシミュレーションと実験結果を評価する. また, 7MHz帯でアンテナとして利用できるのかを確認するためにチューナーを使用した場合の S_{11} の実験結果を評価する.

5.1 チューナーなしの場合

図6はシミュレーションと実測の比較結果を示す. シミュレーションで S_{11} の値が最も低かったのは 67.6MHz で-13.0dB, 実測で S_{11} の値が最も低かったのは 121.3MHz で-41.9dB となった. 65~140MHz の間で S_{11} の変化推移の傾向がシミュレーションと実測結果で増減の推移が一致していることが確認できた. しかし, S_{11} の最も低い値ではシミュレーションと実測結果で大きく異なる結果となった.

5.2 チューナーを用いた場合

チューナーを用いた場合のシミュレーションであるが, 結果が取れなかったため実測のみの結果となった. 図7は実測の結果である. S_{11} は 6.96MHz で-46.5dB となり

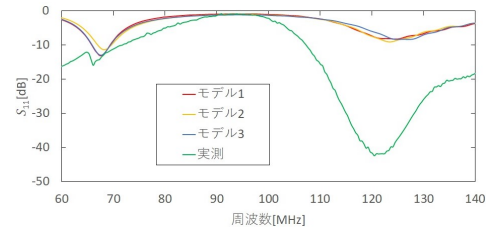


図6 チューナーなしの S_{11} の比較結果

7MHz帯で-10dB以下になった. 一般的には S_{11} が-10dBを下回ることでアンテナとして使えることが示せる. よって車体の大きさを変更してチューナーを用いることで, 7MHz帯で車のルーフをアンテナの一部として利用できるという結果を示すことができた.

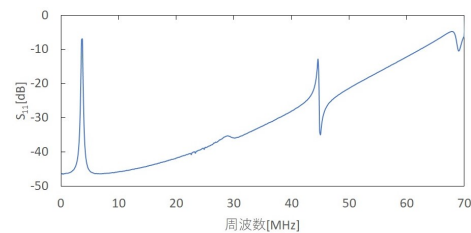


図7 チューナーを用いた S_{11} の実測結果

6 おわりに

本研究では, アンテナ・チューナーを用いて車体の大きさを変更して使用目的である 7MHz帯を実測し, ループアンテナの短縮化ができるのかどうかを検討した. 自動車のルーフにアンテナを設置し, チューナーなしの場合とチューナーを用いた場合で比較および評価をした. 7MHz帯を測定するためにはアンテナ長が約 43m 必要であるが, 本研究ではチューナーを用いたことにより 1/10 の長さのアンテナ長 4m, 7MHz帯で普通自動車のアンテナとして機能させることが可能であると確認できた. 先行研究と比較して, 車体を大きさを変更してチューナーを用いることで 7MHz帯の実測が可能であることが確認できた. 今後の課題として, シミュレーションモデルをより車の形に近づけたモデルに改善し, シミュレーションの精度を向上させて実測結果と比較および評価を行う.

参考文献

- [1] 福田大智, “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,” 南山大学理工学部 2018 年度卒業論文, 2019.
- [2] 構造計画研究所, “ネットワーク・電波伝搬ソリューション” <https://network.kke.co.jp/products/xfdttd/>, Access Jan.5 2021.
- [3] 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.