

# 自動二輪車の乗車時における 145MHz 帯 ホイップアンテナの電磁界解析と実測

2013SE073 加藤隆介

指導教員：藤井勝之

## 1 はじめに

高度情報化社会が進む中、いつでも、どこでも情報を手に入れられることの可能性の向上が求められている [1]. 移動体である自動車では、ラジオ、カーナビゲーションシステムが利用され、それに伴い通信方法の開発が発展している. また、航空機では管制塔と離着陸で通信を取り合い、航空機間でも衝突がないよう、つねにレーダーや無線通信による情報のやりとりがなされている. 私たちの身近にある大小さまざまな移動体と無線通信には密接な関係があり、その中の一つである自動二輪車に着目した. 自動二輪車は、自動車と違い静電遮蔽された車内に人体がおらず、人体がむき出しの状態である. そのため、放射パターンにどのような影響があるのか、また、人体近接時でのアンテナの入力インピーダンス、反射特性の変化がどのように現れるのかをシミュレーションと実測から考察し、評価する.

## 2 シミュレーション

シミュレーションでは XFDTD を用い、人体モデルを作製するにあたって VariPose を用いた. XFDTD とは、FDTD 法 (時間領域差分法) を用いた、米国 Remcom 社製の電磁界解析ソフトウェアであり、20 年近くの実績をもつ最古参の FDTD ソルバである [2]. VariPose は、様々な姿勢の人体モデルに対し、ボクセル単位の三次元メッシュデータを得ることのできるソフトウェアである. GUI 上で人体モデルの 3D 表示、姿勢調整を行うことができ、作成したメッシュデータは電磁界解析ソフトウェア XFDTD への入力に適した形式で保存することができる [2]. 解析パターンは人体なし、人体あり、タンデム状態の 3 種類とし、解析を行う. 人体とアンテナの距離は人体ありのパターンで 30cm、タンデムの状態で 5cm ほどである. 図 1(a), (b) にモデル化した人体あり、タンデム状態の CAD データを示す.

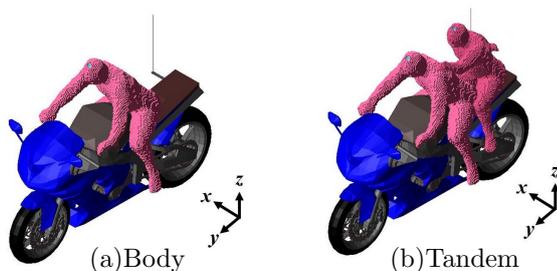


図 1 CAD モデル

## 3 実測

本節では、実測において使用したアンテナについて記載する. また、所望の周波数でそのアンテナが機能するものであるのかを評価する. そのため、指標となる入力インピーダンス、 $S_{11}$  について説明する.

使用したアンテナは移動体用通信アンテナの一種であるホイップアンテナである. ホイップアンテナは自動車や船舶などの移動体に  $1/4$  波長の垂直素子のみを取り付けた構造で、同軸ケーブルの外部導体を移動体の金属部分に接続する. 指向性などの特性は車体に影響し、変化することが知られている [3].

### 3.1 自作したホイップアンテナ

アンテナの設計をするにあたり、まず所望の周波数 145MHz から波長 2.069m を算出した. 短縮率を考慮し、エレメントの直径 3mm、全長 497mm のエレメントを作製し、ネットワークアナライザで  $S_{11}$  を計測しながらエレメント長を調整した. 同時にアンテナ基台、オートバイ無線機用の同軸ケーブルも 50  $\Omega$  系で作製した.

### 3.2 アンテナ性能評価

アンテナから電波を送信する場合、まず発振機で所望の周波数信号を発生させ、それを伝送線路を介してアンテナに給電する. 受信する場合、電波をアンテナが受信し、その受信信号を伝送線路を解して、受信機に伝達する. よって、アンテナそのものだけでなく、それに接続される回路的な性質を理解しておくべきである [4]. ここでは代表的なものである、反射特性、入力インピーダンス、放射パターンを用いてアンテナの評価を行う. 入力インピーダンスは所望の周波数でリアクタンス分が 0  $\Omega$  となり、抵抗分が 50  $\Omega$  に近い値を示すのが理想である. 反射特性を表す  $S_{11}$  は、伝送線路から送信された電力とアンテナ端子で反射した電力を表している. 通常は、反射電力が約 10% 以下で設計する [5]. 図 2 に、反射特性、入力インピーダンスを実測したときの実験風景を載せる.

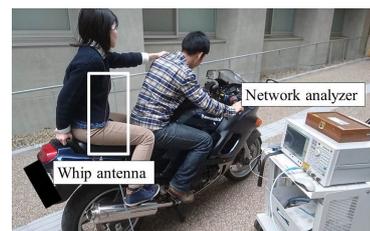


図 2 実測風景

## 4 解析結果と実測結果

回路特性である入力インピーダンス,  $S_{11}$  の実測結果とシミュレーション結果を比較して考察する. 結果はバイクのシート部右後方にアンテナを接地したときのものであり, 人体なし, 人体あり, タンデム状態の解析を実験とシミュレーションで行った. 図 3, 4 に, それぞれ入力インピーダンス, 反射特性の結果を示す.

タンデムの場合, 入力インピーダンスは実測とシミュレーションの双方で誘導性にシフトしていることは確認できたが, 人体なしの場合で, 実部が異なる結果となった. 反射特性である図 4(a) に着目すると, 人体なし, 人体ありともに 145MHz 付近で -14dB ほどを記録した. しかし, タンデム状態だと共振周波数が低くなり, 145MHz 付近では, -8dB ほどとなる. 一方, 図 4(b) では実測とは dB 値が異なるものの, 周波数が下方へシフトするという同様の特徴をとらえることができた.

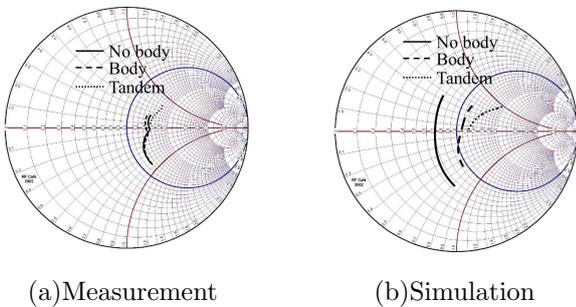


図 3 入力インピーダンス

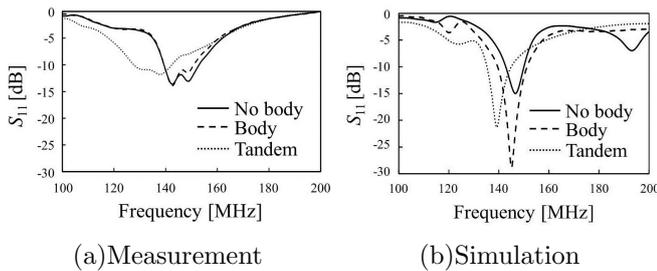


図 4 反射特性

次に, 放射パターンの実測結果とシミュレーション結果を比較して図 5 に示す. 双方の結果は 145MHz における放射パターンであり, 最大値で規格化したものである. 図 5 はアンテナの配置箇所がシート部右後方で, 人体なしの放射パターンである. アンテナの給電点を座標の中心とし, バイクとの位置関係は, バイクの先頭が  $90^\circ$  方向に向いている状態である. シミュレーションと実測で,  $270^\circ$  方向でヌルの一致が確認された. また, 最大放射方向も  $180^\circ$  付近

で一致した. しかし, 実測では  $90^\circ, 225^\circ$  方向にてヌルを観測したが, シミュレーションでは観測されていない.

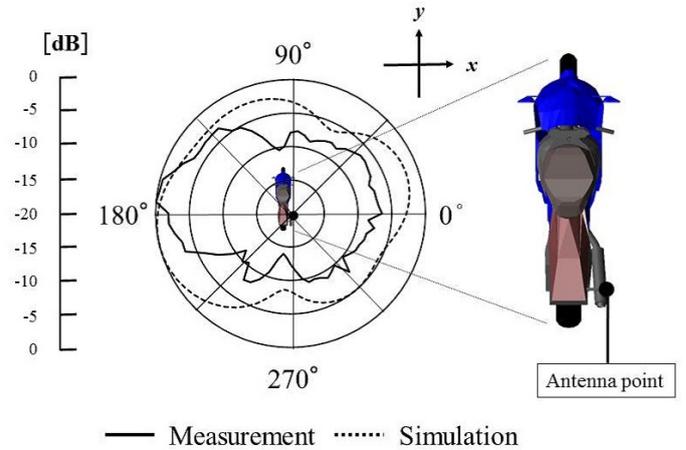


図 5 人体なしの水平面内指向性

## 5 おわりに

本研究では, 自動二輪車の通信技術の基礎検討として, 自動二輪車に 145MHz 帯ホイップアンテナを接地し, 電磁界解析を行った. アンテナとの距離が 30cm ほどの場合, 人体の有無によるアンテナの回路特性はあまり変わらないことが分かった. しかし, タンデム状態の場合, アンテナと人体の距離が 5cm 以下となり, 入力インピーダンス,  $S_{11}$  にも顕著にその影響が現れた. これらより, 自動二輪車における, ホイップアンテナの設計では, 人体とアンテナの相互作用を考慮する必要があるといえる. 今後の課題として, 正確なモデル化をすることで, 反射特性と放射パターンにおける実測とシミュレーション結果の差異が改善されると考えられる.

## 参考文献

- [1] 松村直秀, 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.
- [2] REMCOM, “Electromagnetic Simulation Software,” <http://www.remcom.com/>.
- [3] 吉川忠久, 無線工学 B, 東京電気大学出版社, 東京, 2000.
- [4] 石井望, アンテナ基本測定法, コロナ社, 東京, 2011.
- [5] 平沢一紘, アンテナの特性と解法の基礎技術, 日刊工業新聞社, 東京, 2011.

## 謝辞

本研究を進めるにあたり, 有益な助言や Varipose の提供をくださった, 構造計画研究所 (株) 浅沼雅行様に感謝致します.