

Bluetooth 用小形アンテナと人体との相互作用評価

—ドラミング姿勢における放射指向性—

2015SC096 竹内信介

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

近年、アンテナの小型化に伴って、Bluetooth や Wi-Fi などを利用した小型機器の無線通信が多くなってきている。中でも Bluetooth はスピーカーやマウス、キーボードなど身近な機器に多く使用されている。また、Bluetooth は人体近傍で使われる機器に多く利用されている。世の中にこのような無線通信が多く普及する中で、電磁波と人体との相互作用について考えることが重要になってくると考えられる。そのため小形アンテナの電磁波と人体との相互作用について考える。本研究では図 1 の Freedrum という Bluetooth での無線通信でドラムの演奏が可能となる機器に着目し、ドラムを演奏する際の基本姿勢や、演奏中の一部の姿勢パターンによるアンテナの放射指向性の変化を比較し、受信機の最適位置や受信しにくい位置について考察していく。



図 1 Freedrum 本体

2 技術課題

Freedrum は小形アンテナとしてメアングラインアンテナを使用している。そのためメアングラインアンテナの特徴についても考える。メアングラインアンテナは導線を折り曲げることでアンテナを小型化したアンテナである。折り曲げることで小型化には成功するが、屈折部の横方向電流は打ち消しあい放射に寄与しなくなるため誘導性リアクタンスをもつ。直線部の容量性リアクタンスと $X_d = X_l$ の状態となれば自己共振し、アンテナに適した状態となる。自己共振の構造条件は

$$Wn \log \frac{L}{nb} \simeq \frac{\lambda}{4.29} \left(\log \frac{2\lambda}{b} - 1 \right) \quad (1)$$

である。またアンテナを小型化すると入力抵抗が 1 以下の小さい値となるため、アンテナとして実用するためには、小さな入力抵抗値を 50 に整合する必要がある。整合する方法は回路による整合法、偏位給電法、タップ給電法の 3 種類である [1]。

3 研究内容

Bluetooth のアンテナに使用されているアンテナと人体の相互作用についてシミュレーションを行うにあたり、まず先行研究 [1] から Freedrum に使用されているメアングラインアンテナに類似するアンテナのトレースを行い、シミュレーションモデルと作成するアンテナの S_{11} を比較しシミュレーションの妥当性を得る。次に人体モデルを使用してドラミング姿勢におけるアンテナの放射指向性の変化のシミュレーションを行う。ドラミングの姿勢は基本姿勢、スティック振り上げ時の姿勢、スティッククロス時の姿勢の 3 つのパターンを行う。実際のドラミング姿勢を図 2、3D 人体モデルの基本姿勢を図 3 に示す。



図 2 実際のドラミング 図 3 人体モデルの基本姿勢

4 研究方法

本研究では、シミュレーションソフトとして FDTD(Finite Diference Time Domain:時間領域差分)法で解析を行う XFtdt を使用する。アンテナの実測にはネットワークアナライザを使用する。また、メアングラインアンテナを作製するに当たって、エッチングという技法を用いて基板の銅を溶かして小形アンテナを作製する。

5 シミュレーションと実験結果

XFtdt で作成したメアングラインアンテナのシミュレーションモデルを図 4 に示す。実際のアンテナとシミュレーションの S_{11} の結果を図 5 に示す。次に基本姿勢、スティック振り上げ時、スティッククロス時の放射指向性をそれぞれ図 6、図 7、図 8 に示す。

6 考察

自作したアンテナはシミュレーションと傾向が似ているためシミュレーションモデルのアンテナと同様のアンテナとして動作することが確認できる。人体モデルを利用したシミュレーションの結果、3 つの垂直面内放射指向性に着目すると、基本姿勢では、足方向の利得が約-0.5dBi ま

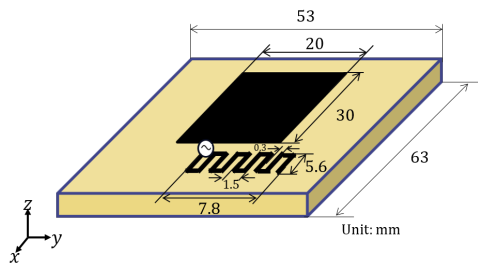


図4 シミュレーションモデル

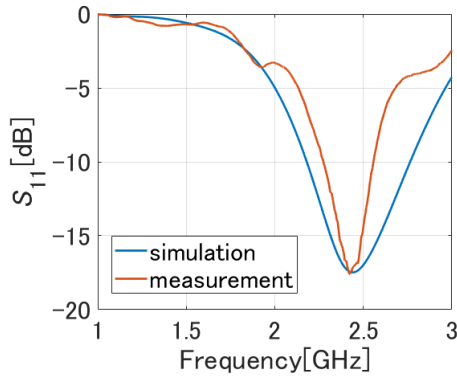


図5 S_{11} グラフ

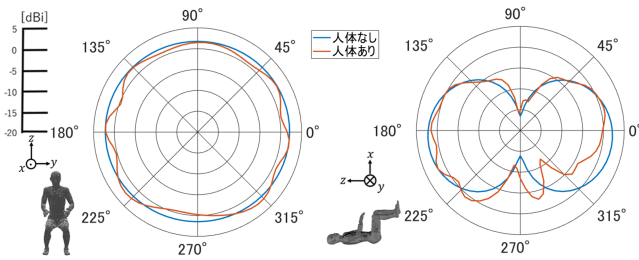


図6 基本姿勢の指向性 (左:垂直面内 右:水平面内)

で下がっている。振り上げ時では、頭から肩方向の利得が下がり放射の先に胴体方向が約-20dBiまで下がっている。スティッククロス時では、胴体方向の利得が低く、最大で約-7dBiまで下がっている。次に水平面内指向性に着目すると、基本姿勢では、右手方向の利得が低く最大で約-12dBiまで下がっている。振り上げ時では、頭方向の利得が低く最大で約-8dBiまで下がっている。また、右手方向も最大で約-10dBiまで下がっている。スティッククロス時では、右手方向の利得が低く最大で約-10dBiまで下がっている。上記の結果から、アンテナに一番近い部位である手の方向と頭や胴体方向の放射指向性は低くなる事が分かる。また放射方向に人体組織が多く存在するほど放射指向性は低くなる。よってドラミングをする中でアンテナと受信機との間に人体部位が多く入らないような場所に

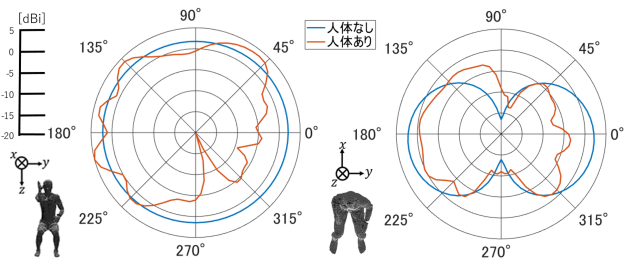


図7 振り上げ時の指向性 (左:垂直面内 右:水平面内)

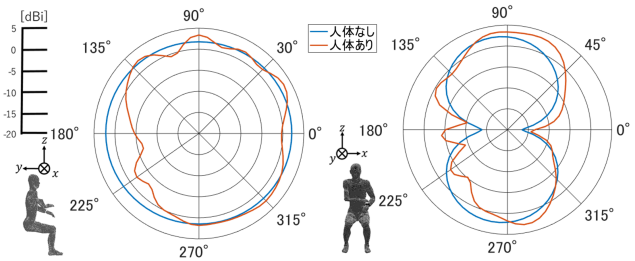


図8 クロス時の指向性 (左:垂直面内 右:水平面内)

受信機を置くことが適すると考えられ、最適位置は人体の正面方向であると考えられる。

7 今後の課題

今回、シミュレーションモデルと作成アンテナの S_{11} で妥当性は確認した上で、メアンダラインアンテナとドラミング姿勢における放射指向性のシミュレーションを考察した。しかし、実測による確認はしていないため、実測をすることで妥当性を高めることが可能である。またドラミング姿勢には3パターンの他にも多くの姿勢が存在するため、それらのパターンもシミュレーションすることでより多くの結果を得ることができる。

参考文献

- [1] 山田吉英, “RF ワールド No.14 用途に応じた UHF ~ マイクロ波帯アンテナを実現する知識と技法 小形/超小形アンテナの設計/制作/測定法,” CQ 出版社, pp.14-16, pp.33-44, May 2011.
- [2] T. Nagaoka, S. Watanabe, K. Sakurai, E. Kunieda, S. Watanabe, M. Taki, and Y. Yanamaka, “Development of Realistic High-Resolution Whole-Body Voxel Models of Japanese Adult Male and Female of Average Height and Weight and Application of Models to Radio-Frequency Electromagnetic-Field Dosimetry,” *Physics in Medicine and Biology*, vol.49, pp.1-15, 2004.
- [3] T. Nagaoka, S. Watanabe, “Postured voxel-based human models for electromagnetic dosimetry,” *Physics in Medicine and Biology*, vol.53, no.24, pp.7047-7061, 2008.