

人体近傍通信における端末携帯位置による反射特性および放射特性 タッチレスゲートへの応用

M2016SC010 三木俊彰

指導教員：奥村康行

1 はじめに

近年、ケーブルを使用せずに人体を通信媒体として利用する人体近傍通信が注目されている。人体近傍通信のシステムの基本的な概念は、1995年にT.G. Zimmerman氏によって発表された[1]。今日まで人体通信の研究は世界中の様々な組織が行っており、日本企業の人体通信を用いた技術をいくつか紹介する。松下電工は2004年に人体を通信ケーブル代わりに使う人体通信装置の実用化に成功したと発表した[2]。2005年には日本電信電話公社（NTT）が人体近傍電解通信技術「レッドタクトン」を発表した[3]。他社と一線を画して高速通信に特化しているのがKDDI研究所であり、17Mビット/秒の高速通信を実現した[4]。人体近傍通信は医療や自動車、ロボット、酪農、玩具などの分野にも展開する動きを見せている。

本研究では、人体近傍通信を利用したタッチレスゲートについての研究である。課題解決のために人体モデルの近くにアンテナを配置し反射特性と放射特性のシミュレーションを行い電極がない場合とある場合で比較をした。アンテナの配置箇所は胸、もも付近、右手、お尻付近の4箇所に配置し、周波数帯は900MHz帯での検討を行う。

2 人体通信の先行研究と課題

ここでは人体通信の先行研究と課題について説明する。

2.1 先行研究

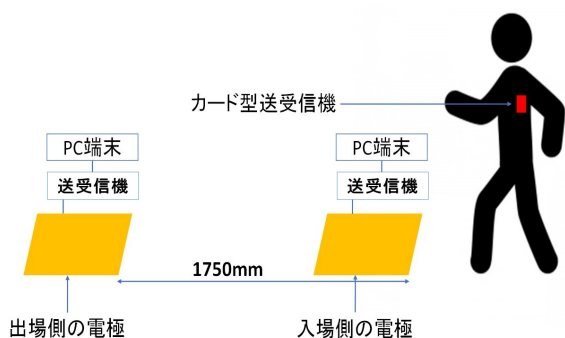


図1 タッチレスゲートの全体システム構成図

タッチレスゲートについて説明する。図1は参考文献[6]を参考した構成図である。タッチレスゲートは床に電極(365mm × 365mm)が2組ありそれぞれ入場と出場の電極が配置されており送受信機とPC端末に接続されている。電極の距離は1750mmでこれは現行自動改札機(EG2)の通路長である。心臓ペースメーカーの方でも安全に使うことができるのが特徴であり、人体の状態(衣服、鞆などの上

から)に依存することなく通信が出来る、双方向通信が可能である。

タッチレスゲートの先行研究として[5][6]がある。参考文献[5]ではタッチレスゲートにおける干渉信号に関する研究が行われており、被験者を2人用意して静止状態と歩行状態での干渉信号について実験、解析が行われている。参考文献[6]では人体近傍通信を用いたデモ用のタッチレスゲートを作成し、モニター10人程度で保持場所を変えどの程度通信が成功したかと、使用者が使用する際に課題となる問題点の抽出と人体通信のデータ通信時間及び歩行速度に関する測定を行っている。本研究では保持方法による反射特性と放射特性のシミュレーションを行うことでどの程度の差が出来るかを明らかにするための研究である。そして電極を追加したシミュレーションを行っておりタッチレスゲートで使用する際の1つの指標となれればと考えている。

2.2 タッチレスゲートの課題

タッチレスゲートの実現化にむけた課題はいくつかありその中で3つ紹介する。1つ目は電極である。電極を踏むことで通信を行っていたが、踏み外しや踏むために合わせるストレスがあるので導入時の施行などを考えた場合、電極設置位置や電極サイズ、形状を検討する必要がある。先行研究では電極を横にも配置することや他のセンサーと合わせる事が考えられている。

2つ目はバッテリーが必要であることである。今現在はICカードをかざして入退場を行っているが、人体近傍通信を用いるとカードではなく端末が必要となる。参考文献[6]では端末の厚さが5mmで重さが40gのもので研究が行われている。端末を独立させるのではなく、携帯電話などのバッテリーを搭載した機器との連携なども検討されている。

3つ目は保持方法である。ICカードの保持方法として衣服のポケットや鞆の中など保持方法が1種類ではない。そのため保持方法ごとで通信品質にバラつきが発生しないようにする必要がある。本研究ではこの3つ目の課題に着目して研究を行っており、今回は人体モデルの近くにアンテナ配置し、反射特性と放射特性のシミュレーションを電極がない場合とある場合で行った。アンテナの配置箇所は胸、右もも、右手、お尻付近の4箇所に配置した。

3 人体モデルとアンテナの配置箇所

ここではシミュレーションで使用した人体モデルとアンテナの配置箇所について説明をする。シミュレーターはFEKOを用いた。本来であればリアル人体モデルを使用

するのが望ましいが拡張子の関係上インポートできなかったため人体に近いシミュレーションモデルを作成した。ブロックモデルは参考文献 [7] を参考にした。作成したブロックモデルを図 2 に示す。

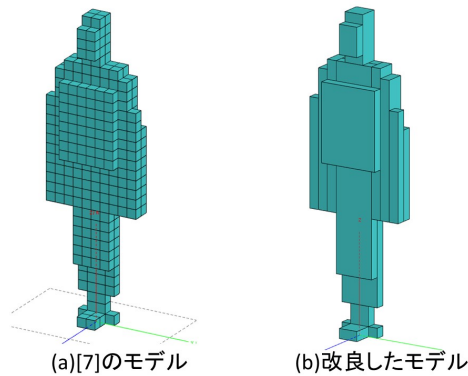


図 2 作成した人体ブロックモデル

ブロックモデルは身長が 176cm の男性モデルである。左の (a) のモデルが参考文献 [7] 通りに作成したものとなる。1 つ 1 つのセルの大きさは 5.5cm であり 476 個のセルを用いて作成してあり、前方から 4 層のブロックモデルである。一方右の (b) モデルも作成した人体モデルとなる。なぜ 2 つあるかという点、論文通りのモデルを使用するとセルの数が多いためデータ量が多くなってしまふ。そうするとシミュレーションに時間がかかってしまふ。そして今回のシミュレーションは全身筋肉として行うので繋げられるところは 1 つのセルとして作りなおしたものが右のモデルであり、本研究のシミュレーションモデルは右のモデルを使用した。セルは 18 個でデータ量の軽減も成功した。モデルは全身筋肉としパラメータは、参考文献 [8] を参考にし比誘電率と導電率はそれぞれ、 $\epsilon_r = 56.932$ と $\sigma = 0.747\text{S/m}$ である。アンテナを配置した場所は 4 箇所であり、左もも付近と、左胸付近、右手付近と右のお尻付近に配置した。それぞれズボンの前のポケット、胸ポケット、手に所持している、ズボンの後ろのポケットを想定して配置してある。アンテナと人体モデルの距離は 1cm である。

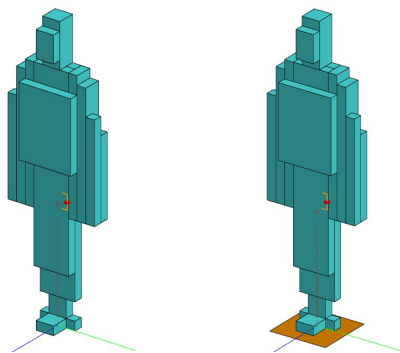


図 3 電極を追加したモデル

図 3 に電極を追加したモデルを示す。電極の大きさは参

考文献 [6] を参考にし 365mm × 365mm の電極を足元から 1cm 離して配置した。この人体モデルは z 軸に対して対称であり人体モデルの中心に z 軸がある。放射特性は z 軸で切った断面図を見ている。これは電極を追加した時にどの程度変化をするかをみるためである。

4 検討したアンテナ

ここでは、検討したアンテナを説明する。検討したアンテナは 2 つであり 900MHz 帯で折り曲げダイポールとループアンテナである。波長の長さが短い種類異なるアンテナの作成が容易であるため 2 種類作成した。アンテナのシミュレーションモデルを図 4 に示す。

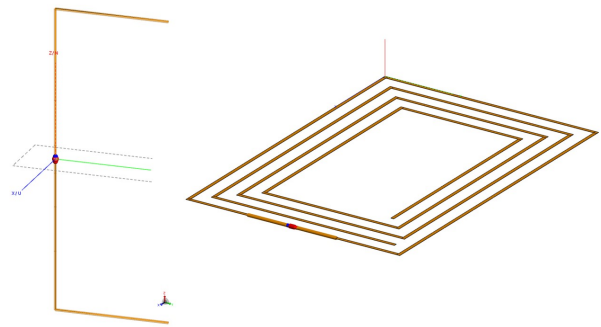


図 4 アンテナのシミュレーションモデル

折り曲げダイポールアンテナについて説明する。900MHz 帯の中心である、950MHz での波長は約 31.5cm となり半波長ダイポールアンテナで作成しようとすると全長は約 16cm 程となり携帯端末としては大きくなってしまふ。そのため半波長ダイポールアンテナのそれぞれの先端を折り曲げることによって小形化をはかった。大きさは折り曲げてある部分が 3.4cm であり大きさは縦 3.4cm、横 9cm の全長 15.8cm の折り曲げダイポールアンテナを作成した。900MHz 帯のループアンテナについて説明する。波長は約 31.5cm となりループ状にすると約 10cm 約 7cm 程度となる。今回作成したループアンテナは、10cm7cm でループを作成しその内側にループとは接続しないようにコイル状の 3 巻のループを作成した。反射係数を図 5 に示す。

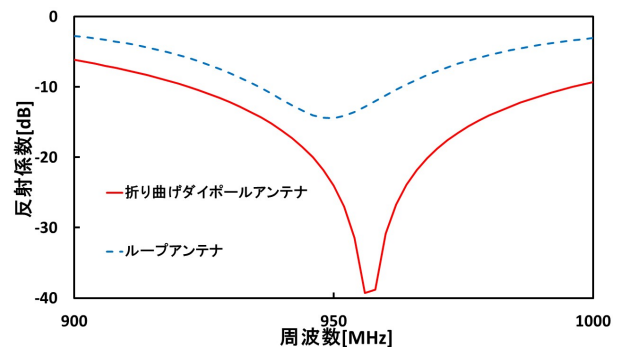


図 5 アンテナの反射係数

5 シミュレーション結果と考察

シミュレーション結果と考察を述べる。

5.1 折り曲げダイポールアンテナの反射特性

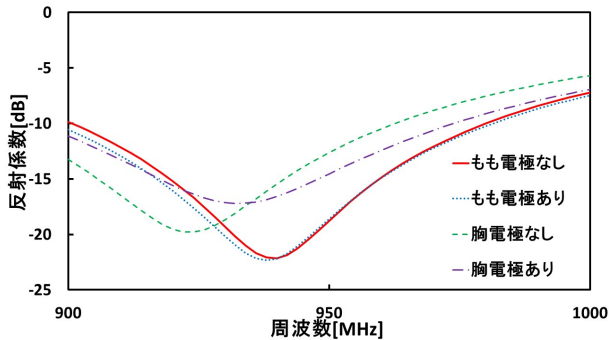


図 6 折り曲げダイポールアンテナの反射特性 1

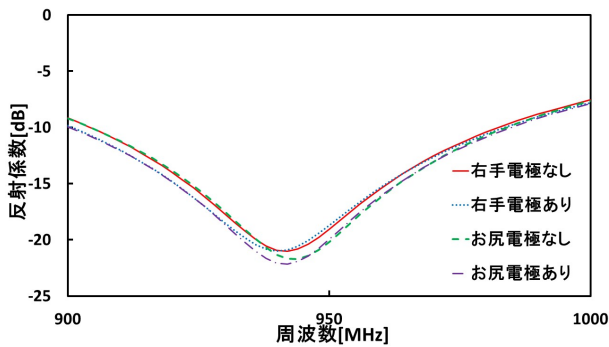


図 7 折り曲げダイポールアンテナの反射特性 2

折り曲げダイポールアンテナの反射特性を図 6 と図 7 に示す。グラフより、反射係数はアンテナ単体に比べてすべての結果で左にシフトしていることがわかる。これは電気長が伸びたためだと考えられる。電気長とは物理的な長さではなく信号の遅延時間を基準に表したもので人体が近くにあることによりアンテナに影響を及ぼしアンテナ単体の時よりも信号の遅延時間が長くなり電気長が伸びたと考えられる。電極がない場合とある場合では胸以外では大きな変化が見られなかった。胸では電極がない場合では最大共振周波数は 922MHz で-19.8dB であり、ある場合では 932MHz で-17.2dB であった。

5.2 折り曲げダイポールアンテナの放射特性

折り曲げダイポールアンテナの放射特性を図 8 と図 9 に示す。放射特性は z 軸で対称に切った断面図をまとめた。したがって 0° 方向に人体モデルが向いており、270° 方向に電極がある。そして全て同じ地点からの放射特性である。グラフより、右手以外は人体がある方向の放射特性が悪くなっている。そして電極がある場合とない場合では差は小さいがある場合のほうが dBi の値が小さくなっていることがわかった。

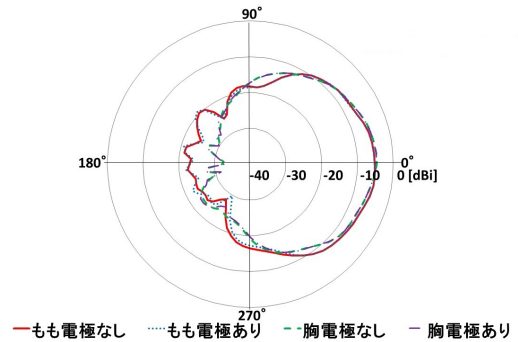


図 8 950MHz 時の放射特性 1

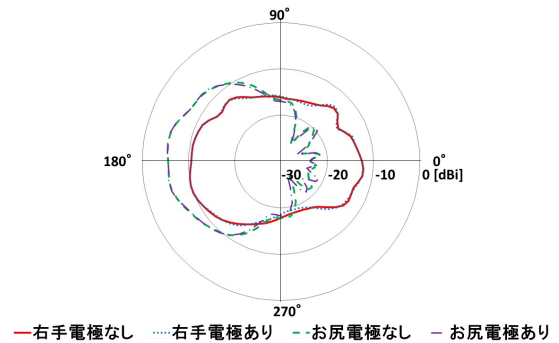


図 9 950MHz 時の放射特性 2

5.3 ループアンテナの反射特性

ループアンテナの反射特性を図 10 と図 11 に示す。グラフより反射係数は左にシフトしており折り曲げダイポールアンテナの時と比べて周波数のズレが大きく、最大で 36MHz の差があった。そしてループアンテナの時は反射係数がアンテナ単体の時と比べて良好担っていることがわかる。電極がない場合とある場合では胸とお尻で変化が見られ胸では電極がない場合では最大共振周波数は 920MHz で-26.5dB であり、ある場合では 922MHz で-31.4dB であり約-5dB の差があった。お尻では最大共振周波数は 914MHz で-24.7dB であり、ある場合では 916MHz で-36.1dB であり約-11dB の差があった。

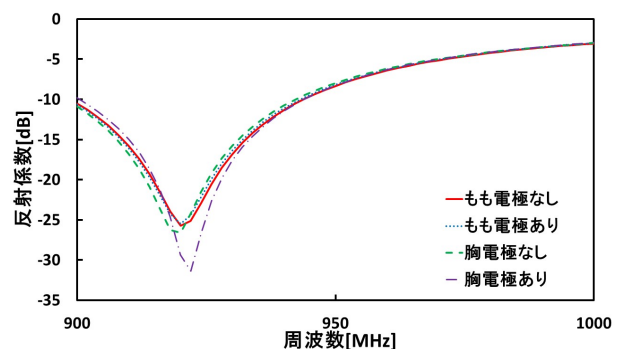


図 10 ループアンテナの反射特性 1

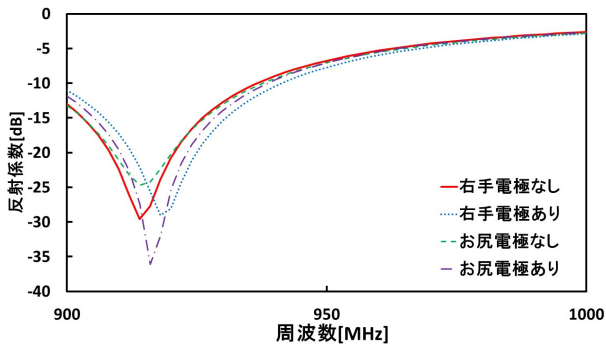


図 11 ループアンテナの反射特性 2

5.4 ループアンテナの放射特性

ループアンテナの放射特性を図 12 と図 13 に示す。折り曲げダイポールアンテナと同じ地点からの放射特性である。折り曲げダイポールアンテナと同じように右手以外は人体がある方向の放射特性が悪くなっている。そして電極がある場合とない場合では差は小さいがある場合のほうが dBi の値が小さくなっていることも同様である。これより多少なりとも電極が影響を及ぼしていることがわかる。4 箇所と比較した時は 270° 方向で放射特性が悪いのは胸であり -31.1dBi であった。

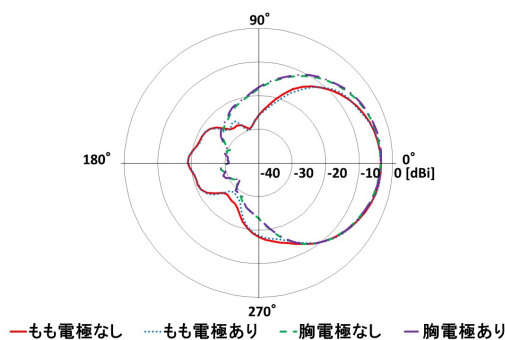


図 12 950MHz 時のループアンテナの放射特性 1

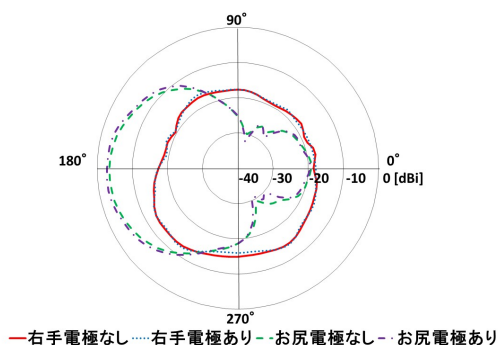


図 13 950MHz 時のループアンテナの放射特性 2

6 まとめと今後の課題

本研究ではアンテナを人体モデルの近くに配置し左胸、右もも付近、右手付近、右臀部付近の 4 箇所を反射と放射特性をシミュレーションした。今回のシミュレーションより各部での反射特性と放射特性、電極を配置した時の変化がわかった。しかし今回のシミュレーションは電極の上に立っている状態のため歩いている時のシミュレーションが必要になると考える。そして今回は男性モデルでのシミュレーションのため女性モデルや子供のような時のことも考える必要がある。

参考文献

- [1] T.G.Zimmerman, “Personal Area Network (PAN) Near-Field Intra-body Communication,” M.S.thesis. MIT Media Laboratory, 1995.
- [2] ITmedia ニュース, “人体通信の実用化に成功 松下電工が販売開始,” <http://www.itmedia.co.jp/news/articles/0409/13/news059.html>, accessed Jan, 22, 2018.
- [3] NTT News release, “人の体の表面を伝送経路とする新しいヒューマンエリア・ネットワーク技術「レッドタクトン (RedTacton)」～触れる, 握る, 歩くといった人の自然な動作で通信を実現～,” 報道発表資料 2008 年 4 月 23 日, <http://www.ntt.co.jp/news/news05/0502/050218.html>, accessed Jan, 22, 2018.
- [4] 日経テクノロジー online, “手ぶらで「ピッ」人体通信, 商用化へと離陸 (2)” <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/FEATURE/20090402/168230/?ST=dceP=3>, accessed Jan.22, 2018.
- [5] 畠中啓至, “人体通信を用いた入退場ゲートに関する研究”, 法政大学大学院理工学・工学研究科紀要 vol.57, May, 2016.
- [6] 篠原洋一郎, 三田哲也, “タッチレスゲートへの応用に向けた人体近傍通信技術の基礎調査研究”, JR EAST Technical Review, No.33, Autumn, 2010.
- [7] James H. Philip, “An Inhomogeneous Thermal Block Model of Man for the Electromagnetic Environment”, IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, vol.BME-30, No.11, Nov, 1983.
- [8] 武井周, 室谷浩平, 吉村忍, 金山寛, “数値人体モデルを用いたマイクロ波帯域の有限要素電磁界解析”, 日本シミュレーション学会論文誌, vol4, No.3, pp81-95, 2012.