

# 人体を誘電体として用いたアンテナの特性評価

2018SC033 兼松凌基

指導教員：藤井勝之

## 1 はじめに

近年携帯電話などを代表に、どこでもいつでも誰とでもつながることを可能とした無線技術は、現在の人々にとって必要不可欠なものとなっている。その無線技術の中でも、アマチュア無線で使用される周波数帯は、非営利で利用され私的な研究にも利用可能な周波数帯である。その中で、50MHz帯はアマチュア無線で使用される周波数帯であり、移動運用にも利用される周波数帯である。しかし、波長は6mもあるため、大きなアンテナが必要となり、アンテナの設置も不便である。したがって、移動運用で用いる場合には、アンテナの小型化が望ましいとされる。

また、足首など組織構造の狭い部分における局所ピークSARがANSI(American National Standards Institute：米国国家規格協会)の推奨値よりも高くなる可能性を指摘し、電波防護指針の観点から評価を行うことを目的とした研究がある [1][2]。その研究の中で、10-100MHzの周波数範囲において、導体板状に直立している身長1.75mの人体への電流分布は40MHzで最大になることが分かっている。また、50MHzでは8.05mA/(V/m)となり、40MHz、30MHzについて電流分布が大きくなることが分かっている。

そこで本研究では、50MHz帯のアンテナの小型化を目指すために、この研究から人体をアンテナとして利用できる可能性を考え、人体に電流を励振させるための給電方法、反射係数、放射指向性から特性評価を行う。

## 2 アプローチ

人体とアンテナの接続方法については、ループアンテナに人体を挿入する方法が提案されている [3]。ループアンテナに人体を挿入することで、ループアンテナが発生させた磁界を人体表面に沿って励振させることで、人体を誘電体として利用する。そこで本研究でも、この方法を利用して、

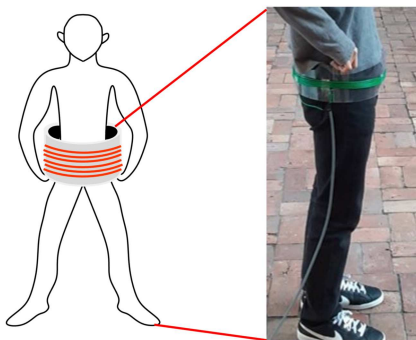


図1 人体を誘電体として用いたアンテナ

図1のように人体を誘電体とすることで、アンテナとして利用する方法である。

## 3 作製したループアンテナ

作製したループアンテナは着脱の利便性から、プラスチック素材の型を作製し、導線を巻きつけたループ型のアンテナである。移動運用を目的としているため、整合回路等を除いて、ループの共振を利用して人体を共振させることを目指す。本研究で使用する周波数は50MHzであるため、波長分の長さ6mの導線をプラスチックの型に巻きつけてアンテナを作製した。作製したアンテナのパラメータを表1に、実際に作製したアンテナを図2に示す。ここで、ループの型の半径は被験者の腰部に合わせたサイズであり、アンテナの地上高は90cmとした。ここで、地上高とはアンテナの素子の給電点までの高さのことを示す。

表1 アンテナのパラメータ

巻数 [回]	6
型の半径 [mm]	160
導線の半径 [mm]	2
被覆の厚み [mm]	0.5
共振周波数 [MHz]	54



図2 作製したループアンテナ

## 4 反射係数の測定

反射係数を人体ありとなしの場合で実際に測定して比較を行う。人体なしのアンテナの地上高は人体ありの地上高に合わせるために、発泡スチロールを用いて高さの調整を行った。測定は周りの環境による影響を少なくするため本学のグラウンドで行った。

人体ありの場合と人体なしの場合の反射係数を図3に示す。人体なしの場合、約56MHzで $S_{11}$ が-21.232dBとなっている。それに対して人体ありの場合、約54MHzで $S_{11}$ が-30.747dBとなっている。これより、人体を挿入することで人体なしのときよりも、共振周波数は低くなるようなシフトが見られ、反射係数もより低い値を示した。

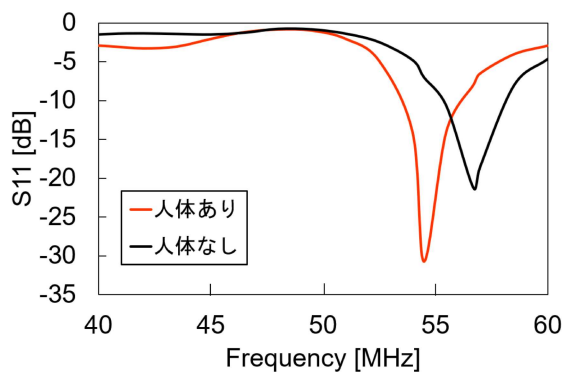


図3 人体有無による反射係数の結果

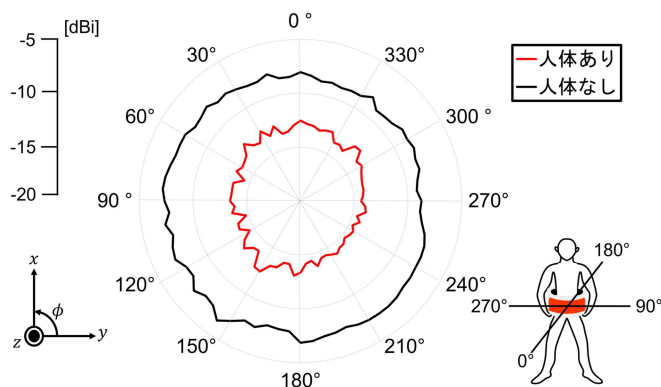


図4 人体有無による放射指向性の結果

## 5 放射指向性の測定

アンテナの放射指向性の測定は、遠方界での測定が必要である。近傍界と遠方界を分ける遠方界条件は距離  $r$ [m] とすると、 $r = \lambda/2\pi$  となっている [4]。50MHz では、この近傍界と遠方界を分ける距離  $r$  は約 0.954m である。そのため、今回の測定ではこの条件を十分に満たすように、送信アンテナから受信アンテナまで 10m 確保している。

測定手順は、送信機から振幅と周波数が一定である CW(Continue Wave:連続波) で、送信電力を 0.5W にして送信する。それを受信アンテナで受信して、そのときの受信電力を測定する。このとき受信アンテナは回転台に乗せてあり、この測定を  $5^\circ$  ずつ行う。送信アンテナには自作の半波長ダイポールアンテナを使用した。受信アンテナは標準アンテナとしてダイポールアンテナと、AUT(被測定アンテナ) として人体ありとなしの 2 つのアンテナを使用した。この測定も反射係数の測定と同様に、人体なしの場合には、発泡スチロールを用いて地上高の調整を行った。測定は反射係数の測定と同様に、周りの環境による影響を少なくするために、本学のグラウンドで行い、風の影響を受けやすいため、無風時に行った。

放射指向性の結果は図 4 である。ループアンテナは水平方向で無指向性であり、人体なしの結果から無指向性に近い結果が得られている。また、人体を含めた結果も人体なしと比べてばらつきがあるものの無指向に近い結果となった。しかし、人体を含めたことで、利得が約 6dBi 減少する結果となった。

## 6 まとめ

本研究では、人体をアンテナとして用いるために、50MHz 帯ループアンテナに人体を挿入し、人体を誘電体として利用する方法を採用した。このアンテナを用いて、人体がある場合とない場合の反射係数と放射指向性について、実測によって評価を行った。

反射係数の結果では、人体ありとなしのそれぞれの共振周波数で比べると、約-10dB 変化した。また、人体ありの共振周波数 54MHz では、人体なしと比べて約-26dB 変化す

る結果を示した。したがって、人体ありのほうが反射損が少なくなったと言える。

放射指向性では、人体ありとなしのどちらにおいても、無指向性に近い結果が得られた。しかし、人体を含めたことで利得が減少する結果となった。人体を含めたことにより、ループアンテナから放射された電波が人体に吸収されたため、利得が減少してしまったと考えられる。

今後の課題として、人体をアンテナとして利用するための最適な周波数や、人体への最適な給電方法について検討する必要がある。また、今回行った特性評価以外に他の項目での評価を行うことや、被験者の体格の違いなどからアンテナの特性がどのように変化するか確かめる必要がある。

## 謝辞

本研究を進める上で、終始丁寧かつ熱心に御指導を賜りました本学部の梅比良正弘教授と奥村康行教授に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] P.J.Dimbylow, "Finite-difference time-domain calculations absorbed power in the ankle for 10-100 MHz plane wave," "IEEE Trans. Biomed. Eng., vol.38, no.5, pp.423-428, May. 1991.
- [2] O.P. Gandhi, J.Y. Chen, and A. Riazi, "Currents induced in a human being for plane-wave exposure conditions 0-50 MHz and for RF sealers," "IEEE Trans. Biomed. Eng., vol.BME-33, no.8, pp.757-767, Aug. 1986.
- [3] 西口喬, "人体を誘電体として用いた 7MHz 帯受信アンテナの反射係数の解析, 南山大学理工学部機械電子制御工学科 2018 年修士論文, 2019.
- [4] 石井望, "アンテナの界領域," "アンテナ基本測定法, pp.33-36, コロナ社, 東京, 2011.