

人体近傍における 429MHz 帯多重折り返し板状逆 F アンテナの特性評価

2016SC059 武藤哉汰

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

近年、無線通信技術の発展に伴い、様々な分野でその技術が応用され、我々の生活に浸透している。特に身近にあるものは移動体通信端末であり、手に保持する、ポケットに入れて携帯するなど人体近傍での使用が想定される。このとき、人体によってアンテナの諸特性が劣化し、アンテナから放射される電磁波により人体に熱作用が生じる。その指標として SAR(比吸収率: Specific Absorption Rate) が制定されている。したがって端末に搭載されるアンテナは、人体との相互作用を考慮した設計が必要不可欠と言える。また移動体通信端末は小型化、軽量化される傾向にあり、必然的に搭載されるアンテナの小型化も要求される。最も代表的な小形アンテナの一つとして逆 F アンテナがあり、アンテナ素子を板状にした PIFA(板状逆 F アンテナ: Planar Inverted-F Antenna) は小型化の手法が豊富である。従来の研究では自動車のリモコンエンジンスタートに搭載するアンテナとして、429MHz 帯 MFPIFA (多重折り返し板状逆 F アンテナ: Multiple Folded Planer Inverted-F Antenna) が提案されている [1]。この先行研究では、アンテナ単体の数値解析が行われている。しかし、リモコンエンジンスタートの実使用時には人体手部が近接している。そこで本研究では、人体近傍における筐体に搭載した 429MHz 帯 MFPIFA に対し FDTD(時間領域差分: Finite Difference Time Domain) 法による数値解析を行うとともに、MFPIFA を作製し実人体を用いた実測により、人体近傍での反射係数 S_{11} 及び放射指向性の評価を行う。加えて、シミュレーションにより SAR を用いて人体への熱作用を評価する。

2 MFPIFA の解析モデル

MFPIFA の解析モデルを図 1, 2 に示す。40mm × 72mm × 20mm の筐体上に展開長 123mm、幅 40mm のアンテナ素子を設置した構造となっている。筐体及びアンテナ素子は PEC(完全導体: Perfect Electric Conductor) に設定し、筐体上面とアンテナ素子のギャップに給電を行った。図 3 のように人体近傍でのシミュレーションには NICT の数値人体モデルを用いた [2]。実際の使用状況を想定して、国立研究開発法人情報通信研究機構の開発による姿勢変形ソフトウェア (Voxel Human Anatomy Lab) を使用し、右手を差し出している姿勢に変形し、手のひらの上にアンテナを配置した。リモコンケースの厚みを考慮して、手のひらとアンテナ間の最小距離を 1mm とした。数値人体モデルの各組織の電気定数は 429.5MHz の値を採

用し、自由空間で解析を行った。大地は考慮せず自由空間とし、吸収境界条件は全面 PML7 層として解析を行った。

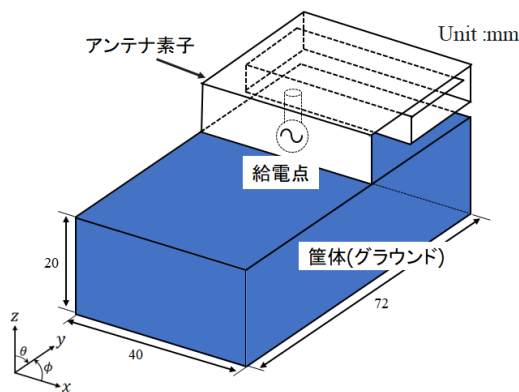


図 1 筐体の寸法

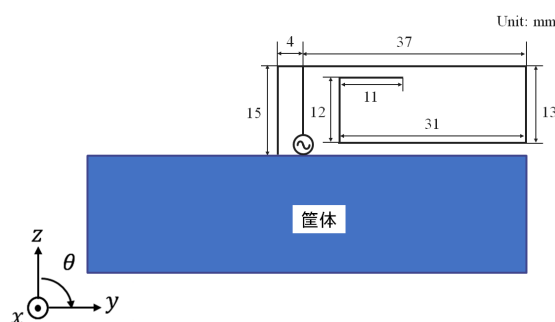


図 2 MFPIFA の寸法

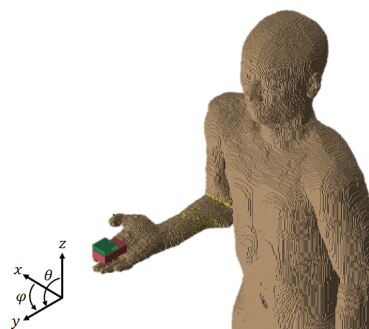


図 3 数値人体モデル [2]

3 実測方法

実測は MFPIFA を作製し実人体を用い、数値人体モデルと同様の姿勢で行った。アンテナ素子、筐体には銅板を

用い、SMA コネクタとセミリジッドケーブルにより解析モデルと同様、筐体の上面からアンテナ素子に給電している。なお本研究は南山大学の人を対象とする倫理審査委員会の承認のもと、被験者の自筆署名による実験参加の同意を得て実施した。

4 シミュレーションと実測結果の比較

シミュレーション及び実測から得られた人体近傍における反射係数 S_{11} のグラフを図 4 に示す。グラフよりシミュレーション、実測ともに 429.5MHz で -10dB を下回っており、傾向が概ね一致しているため、良好な整合状態が取れていると考えられる。

シミュレーション及び実測から得られた水平面内指向性のグラフを図 5 に示す。アンテナから見て胴体部が存在する方向 ($\phi=180^\circ \sim 240^\circ$) は、人体の正面である $\phi=90^\circ$ 方向と比べて利得の低下が確認できる。これはアンテナから放射された電力が人体に吸収されたことが原因だと考えられる。最も利得の低下が顕著であるのは $\phi=210^\circ$ 付近であり、 $\phi=90^\circ$ の利得と比較するとシミュレーション、実測それぞれ 21.6dBi, 17.5dBi ほど低下することが確認できた。また実測において $\phi=90^\circ \sim 150^\circ$ にかけて利得が低下した。この原因は、実測場所が建造物に囲まれていたため、建造物による電磁波の反射が影響したと考えられる。

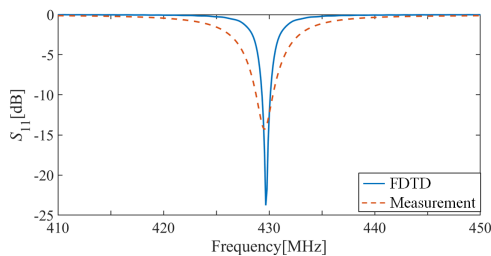


図 4 S_{11} の比較

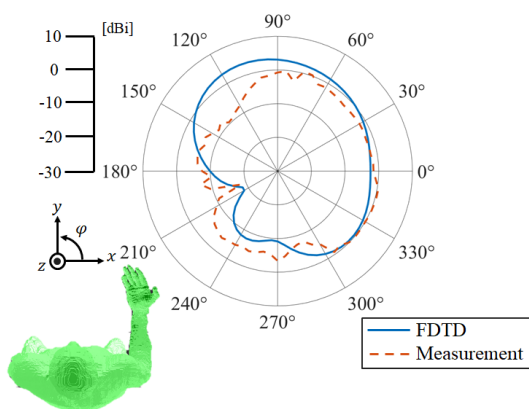


図 5 水平面内指向性の比較

5 MFPIFA による人体への熱作用

電磁波による生体への熱作用は式 1 に示す SAR を指針とした評価がされる。

$$\text{SAR} = \frac{\sigma |E^2|}{\rho} \quad (1)$$

ここで、 E : 電界の実効値 [V/m], σ : 生体組織の導電率 [S/m], ρ : 生体組織の密度 [kg/m^3] である。国内では任意の生体組織 10g 当たりの SAR である局所 SAR (SAR_{10g}) が、四肢の基準値 $4\text{W}/\text{kg}$ を下回る必要がある。本研究では SAR_{10g} の最大値が基準値を満たすことを確認する。シミュレーションから得られた SAR の分布を図 6 に示す。なお、入力電力は特定小電力無線局における空中線電力の最大値である 1W とした。アンテナ直下である指先の SAR_{10g} は他の部位と比べ高く、最大値は約 $1.98\text{W}/\text{kg}$ となった。すなわち特定小電力無線局の最大電力でも基準値を下回ることが確認できた。

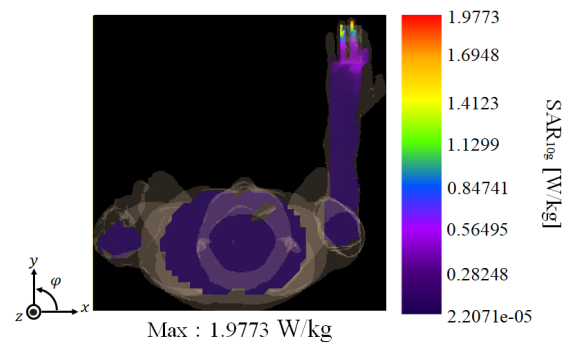


図 6 SAR の分布

6 おわりに

本研究では 429MHz 帯の MFPIFA 人体近傍での特性評価を行うために、FDTD 法による電磁界解析および実測を行った。 S_{11} の結果から人体近傍で、所望の周波数で動作することが示された。また放射パターンの図から人体の存在する方向は利得が低下することが確認でき、特定小電力無線局における空中線電力の最大値である 1W のとき SAR_{10g} が基準値 $4\text{W}/\text{kg}$ を下回っていることが確認できた。

今後は、生体等価ファントムを作製し実測の精度向上を目指す。

参考文献

- [1] 鈴木洋佑, “多重折り返し板状逆 F アンテナ エンジンスターター,” 南山大学情報数理研究科数理情報専攻 2005 年度修士論文, Jan. 2006.
- [2] 長岡智明, 櫻井清子, 国枝悦夫, 渡辺聡一, 本間寛之, 鈴木保, 河合光正, 酒本勝之, 小川幸次, 此川公紀, 久保田勝巳, 金鳳洙, 多氣昌生, 山中幸雄, 渡辺敏, “日本人成人男女の平均体型を有する全身数値モデルの開発,” 生体医工学, vol.40, no.4, pp.239-246, 2002.