

1.2GHz 帯反射板付き折り返しダイポールアンテナの 反射係数及び放射指向性の評価

2015SC048 汲田祐

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

移動通信端末に搭載されたアンテナは人体近傍で使用される。その際、アンテナの諸特性が劣化するため、電磁波と人体の相互作用を考慮しなければならない。一例として、比吸収率 (Specific Absorption Rate: SAR) があげられる。電磁波エネルギーによって、生体組織に生じる生体作用のなかで熱作用が支配的である [1]。その指標である SAR を用いて、熱作用は一般的に評価され、以下の式 (1) で定義される。

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho} [\text{W/kg}] \quad (1)$$

このとき、 E ：電界の振幅 (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/m³] である。特に、アマチュア局はスマートフォン等と比して許容されている空中線電力が大きいことから SAR について評価をする必要がある。また、トランシーバについての研究事例 [2] が少ないので、本研究ではアマチュア局のトランシーバについて着目する。

2 解析法の提案

図1のように、2.4GHz 帯折り返しダイポールアンテナと人体頭部間に反射板を設置することで、整合条件を満たしながら SAR を低減化 [3] することができる。本研究では、アンテナ素子を 1.2GHz 帯に適用し、SAR 低減のシミュレーションを FDTD (Finite Difference Time Domain) 法で行う。シミュレーションの妥当性評価及びアンテナ評価として反射係数と放射指向性を採用し、実測する。また、送信機としてハンディトランシーバ ((株) アルインコ製、DJ-G7) を使用する。

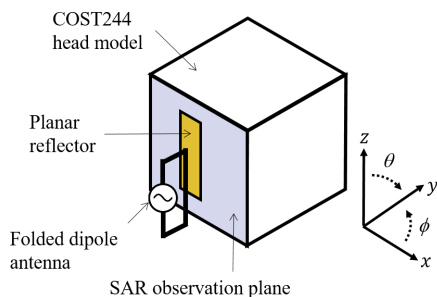


図1 生体等価ファントムによる通話姿勢のモデル化 [3]

3 反射板配置による SAR と反射係数

総務省の電波防護指針 [4] により、任意の生体組織 10g あたりの局所 10g 平均 SAR (SAR_{10g}) が 2W/kg 以下でなければならない。また、アンテナが十分に動作するために、反射係数である $S_{11} \leq -10\text{dB}$ という条件を満たさなければならない。そこで、先行研究 [3] の解析モデルを模擬し、シミュレーションにより、人体頭部モデル表面上 SAR_{10g} 及び S_{11} について検討する。ここで、反射板の素子長 (L_r) と幅 (W) をパラメータとする。図2、図3にそれぞれ反射板の素子長及び幅に対する SAR_{10g} の変化、 S_{11} の変化を示す。

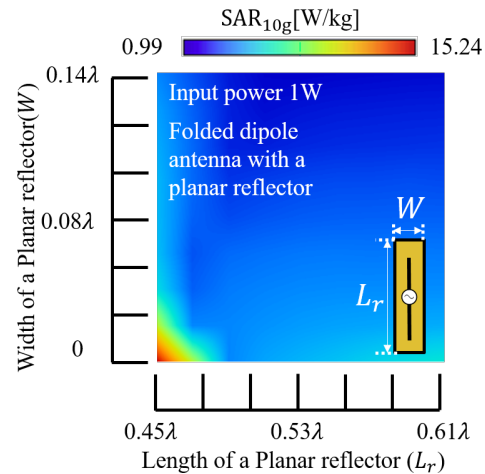


図2 反射板の素子長及び幅に対する SAR_{10g} の変化

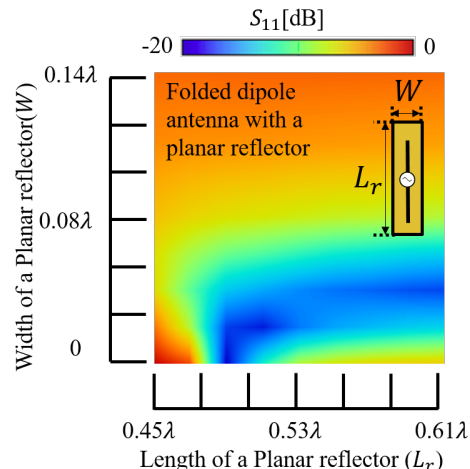


図3 反射板の素子長及び幅に対する S_{11} の変化

入力電力は 1W で規格化されている．図 2 より，反射板の素子長を長く，幅を広くすることで人体組織 10g 平均 SAR(SAR_{10g}) は低減されることがわかる．図 3 より， S_{11} は $0.01\lambda \leq W \leq 0.04\lambda$, $0.49\lambda \leq L_r \leq 0.51\lambda$ の範囲でアンテナの動作条件を十分に満たすことがわかる．

4 シミュレーションと実測結果の比較

シミュレーションにて， $SAR_{10g} \leq 2W/kg$, $S_{11} \leq -10dB$ 両方の条件を満たす解析モデルの配置の一例を示す．1.2GHz 帯線状折り返しダイポールアンテナ（素子長 117mm）の一次線と人体頭部モデル表面距離を 15mm とする．また，折り返しダイポールアンテナの二次線と反射板（長さ 122.5mm，幅 17.5mm）間の距離を 9mm とする．人体頭部モデルとして一辺 200 mm の立方体脳等価モデル（比誘電率 $\epsilon_r = 45.8$, 導電率 $\sigma = 0.77S/m$, 密度 $\rho = 1030kg/m^3$ ）を用いる．また，FDTD 法を用いる際，セルサイズを不均一メッシュ，解析領域 ($x \times y \times z[mm^3]$) を $220 \times 280 \times 220mm^3$ ，吸収境界条件を PML7 層，自由空間上とする．図 4～図 6 にそれぞれ反射係数，垂直面内指向性，水平面内指向性の解析結果と実測結果を示す．

図 4 より，シミュレーションにおいて 1.2GHz 付近では $-11.4dB$ である．しかしながら，実測では共振周波数のシフトがみられ， $-3.3dB$ であった．図 5，図 6 は放射パターンであり，アンテナの給電点を座標の中心とし，最大値によって規格化されている．実測においてハンディトランシーバの出力は 1W に設定した．図 5 より，人体頭部モデルが配置されている $+y$ 方向の放射が弱まっていることがわかる．シミュレーションと実測の放射パターンの傾向が異なるのに加え，特に， 150° 方向にてヌルを観測したがシミュレーションは $-14.2dB$ であった．図 6 では，人体頭部モデルが配置されている $+y$ 方向の放射が弱まっていることがわかる．また， 270° 付近において強まる放射が実測されたが，シミュレーションでは確認できず，放射パターンの傾向が異なることがわかった．

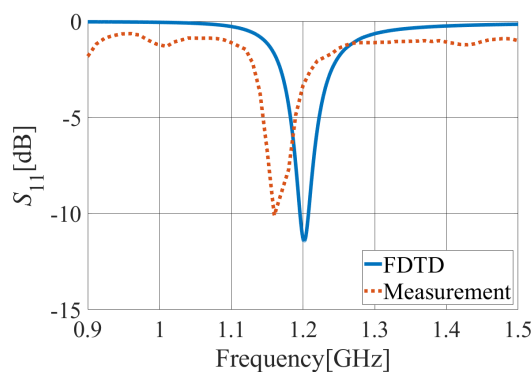


図 4 反射係数

5 おわりに

本研究では，アマチュア局で使用されている移動通信端末の SAR 評価を目的として，立方体脳等価モデルの近傍

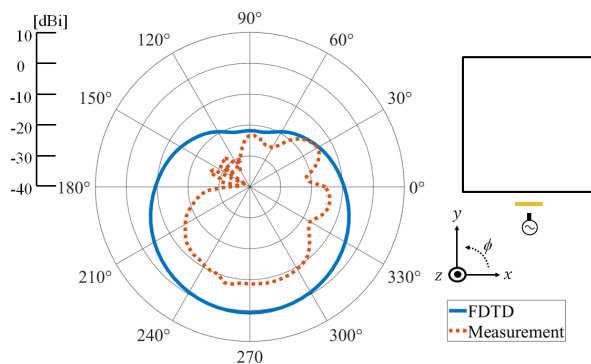


図 5 垂直面内指向性

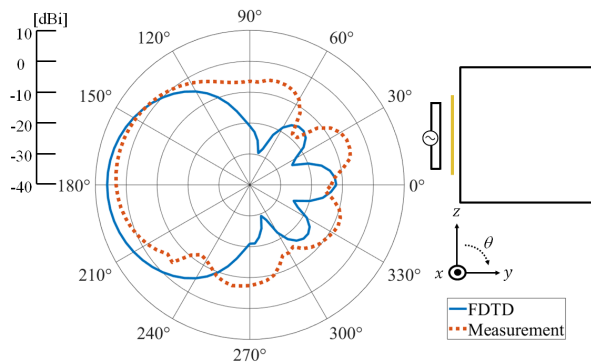


図 6 水平面内指向性

に 1.2GHz の反射板付き折り返しダイポールアンテナを配置した場合の反射係数，放射指向性の評価を行った．反射係数では，実測結果とシミュレーションを比較すると共振周波数のシフトが見られる．放射パターンにおいて，垂直面，水平面の両方で $+y$ 方向への放射が弱まり，傾向が一致しないことがわかった．今後の課題として，シミュレーションと実測の差異の改善があげられる．また，トランシーバに標準搭載されているアンテナと本研究で提案したアンテナの特性を比較し，本研究の有効性を主張したい．

参考文献

- [1] 藤原修，“電磁波のバイオエフェクト，” 信学誌，vol.75，no. 5，pp. 519-522，May 1992.
- [2] 秋山良太，齊藤一幸，“VHF 帯トランシーバ使用時の人体電波エネルギー吸収量評価，” 映像学誌，vol.71，no. 2，pp. J87-J92，Jan. 2017.
- [3] 岡野由樹，河井寛記，小柳芳雄，吉村博幸，伊藤公一，“反射板付き折り返しダイポールアンテナを用いた局所 SAR の低減に関する検討，” 信学技報，A・P2001-159，pp. 23-30，Dec. 2001.
- [4] ICNIRP，“Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz),” Health Phys., vol. 74，no. 4，pp.494-522，Apr. 1988.