

150 MHz 帯業務用無線端末による胴体内 SAR の数値人体モデルを用いた解析

秋元 晋平[†] 菊池 悟[†] 齊藤 一幸^{††} 高橋 応明^{††}
伊藤 公一[†]

Calculations of SAR in Abdomen Using Numerical Human Model by Normal Mode Helical Antenna at 150 MHz

Shimpei AKIMOTO[†], Satoru KIKUCHI[†], Kazuyuki SAITO^{††},
Masaharu TAKAHASHI^{††}, and Koichi ITO[†]

あらまし 業務用無線端末は、主に胴体部に近接して使用されるため、電磁波の比吸収率 (SAR) についての配慮が必要となる。また、国内において運用中の業務用無線端末に用いられている周波数帯では、携帯電話機に比べて波長の長い 150 MHz 帯が主流であり、人体深部での電磁波曝露の作用が懸念される。本論文では、成人男性及び成人女性が業務用無線端末を装着した場合を想定して、高精細全身数値人体モデルの腰部近傍に 150 MHz 帯きょう体付きノーマルモードヘリカルアンテナ (NHA) を配置した際の胴体内 SAR 評価を行った。ここでは、業務用無線端末を装着する位置の違いを考慮して、4 通りのアンテナ配置における検討を行った。その結果、アンテナ位置は、全身平均 SAR に影響しないことを確認した。また、全身平均 SAR 及び 10 g 平均 SAR は、国内の業務用無線端末の最大出力値である 5 W で放射電力を規格化した場合において、管理環境の指針値 (総務省・電波防護指針) より低いことが確認できた。

キーワード 業務用無線端末、ノーマルモードヘリカルアンテナ、数値人体モデル、SAR

1. ま え が き

近年、無線通信機器の使用形態の多様化により、様々な状況下での人体内における電磁波曝露量評価が必要となってきた。電磁波が人体に与える作用は周波数によって大きく変化し、携帯電話機を含む様々な無線通信機器で使用される周波数帯域においては、電磁波エネルギーの吸収によって生じる熱的作用が支配的である。この電磁波曝露量の評価指標として以下の式で定義される比吸収率 (Specific Absorption Rate: SAR [W/kg]) が国際的に用いられている [1]。

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

ここで、 σ : 生体組織の導電率 [S/m]、 ρ : 生体組織の

密度 [kg/m^3]、 E : 電界強度 (実効値) [V/m] である。

各国で無線端末 (携帯電話機を含む) を対象とした局所吸収指針が制定されている。総務省の電波防護指針では、10 kHz から 3 GHz までの周波数を対象とした、全身平均 SAR 及び任意の組織 10 g 当りの局所 SAR の指針値を定めている [2]。この中で、電磁波の曝露 (ばくろ) に対して適切な管理が行える管理環境下では、全身平均 SAR が 0.4 W/kg 以下、局所 SAR が 10 W/kg 以下と規定している。また、一般環境下の指針値においては、管理環境下の値に 5 倍の付加的な安全率が設けられている。

一般環境下において携帯電話機は人体頭部近傍で用いられるため、その SAR 評価は数多く行われており、同一の標準モデルを使用する標準測定法が定められている [3]。一方、管理環境下における業務用無線端末使用時の SAR 評価は、ほとんど行われていない。現在、国内において運用中の業務用無線端末に用いられている周波数帯では、携帯電話機の 900 MHz 帯や 2 GHz 帯に比べて波長の長い 150 MHz 帯が主流であり、人

[†] 千葉大学大学院工学研究科, 千葉市
Graduate School of Engineering, Chiba University, Chiba-shi, 263-8522 Japan

^{††} 千葉大学フロンティアメディカル工学研究開発センター, 千葉市
Research Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University, Chiba-shi, 263-8522 Japan

体深部での電磁波曝露の作用が懸念される．これまでの報告 [4], [5] では，人体を均質の楕円柱形状のファントムに置き換えて検討を行っているものの，実際の人体内部には電気定数の異なった媒質が存在する．また，文献 [6] ~ [8] では，160 MHz, 350 MHz, 915 MHz 帯の半波長ダイポールアンテナを人体近傍に配置した際の SAR 評価を行っており，この中でも 160 MHz 帯を用いた場合には，人体深部において SAR が高くなることを報告している．特に文献 [8] においては，不均質モデルでの検討を行っており，均質に比べて不均質を用いた場合の局所 SAR が，約 2~5 倍高い値を示したとしている．ここで，これらの検討では，物理的に大きな半波長ダイポールアンテナを波源に用いている．一方，実際に使用されている VHF 帯業務用無線端末では，物理的に小形なアンテナが使用されているため，電磁波の曝露領域が局所に集中していると考えられる [9]．また，ここで用いられた不均質モデルは，骨，脳，肺，筋肉の 4 種類の媒質のみで構成されており，人体表面に存在する皮膚及び脂肪がある場合の検討については行われていない．人体近傍にアンテナが配置された場合の人体内 SAR を評価する上で，これらの人体表面組織は人体内部の SAR に大きく影響すると考えられる．そこで更なる詳細な評価には，より高精細な人体モデルでの検討が必要不可欠である．

本論文では，150 MHz 帯業務用無線端末を人体が装着した場合の詳細な SAR 評価を目的とする．これまでの報告では，男性を対象とした検討がほとんどであり，女性を対象とした報告が行われていない．そこで，きょう体上にノーマルモードヘリカルアンテナ (Normal mode helical antenna : NHA) を配置したもの (以下：きょう体付き NHA) を，日本人平均体形を有する成人男性及び成人女性の高精細全身数値人体モデル [10] の腰部近傍に配置した場合の SAR 解析を行った．

2. 高精細数値人体モデルを用いた SAR 解析

2.1 高精細全身数値人体モデル

本論文で用いた数値人体モデルは情報通信研究機構及び北里，慶応義塾，東京都立の 3 大学が共同で開発した日本人の成人モデルである [10]．図 1 に数値人体モデルを示す．これらの数値人体モデルは，日本人の成人男女の平均身長と平均体重に合致した健全なボランティアの MR 断層画像内の各画素に人体組織を対応

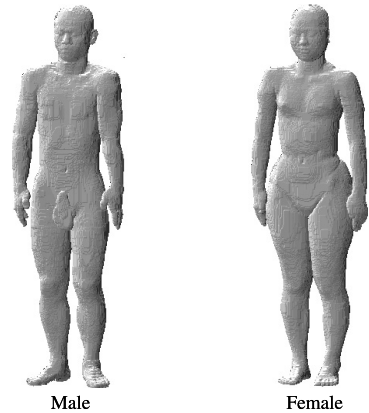


図 1 全身数値人体モデル
Fig. 1 Numerical human model.

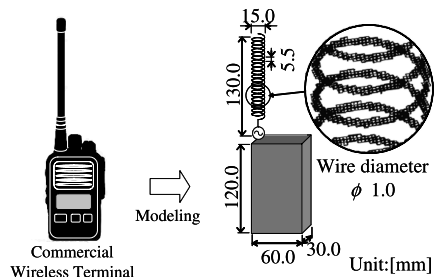


図 2 解析に用いた業務用無線端末
Fig. 2 Commercial wireless terminal used for calculation.

表 1 きょう体付き NHA の寸法
Table 1 Dimension of NHA with metallic case.

Shaft length	130.0 mm
Turning diameter	15.0 mm
Wire diameter	1.0 mm
Number of turns	22.2
Size of metallic case	30.0 × 60.0 × 130.0 mm

づけることにより作成されている．いずれも 51 種類の生体組織で構成され，2 mm の空間分解能を有する．また，150 MHz における男女モデルの各組織の電気定数及び密度は [13], [14] の値を参照した．

2.2 きょう体付きノーマルモードヘリカルアンテナ

実際の業務用無線端末は，小型きょう体に装着されたモノポール形状の NHA が広く用いられている．そこで，実用されている業務用無線端末を参考にきょう体付き NHA のモデル化を行った．図 2 にモデル化を行ったきょう体付き NHA の構造，表 1 にきょう体付き NHA の寸法を示す．本論文では，NHA をショートダイポールアンテナには置き換えず， $0.5 \times 0.5 \times 0.5$ mm

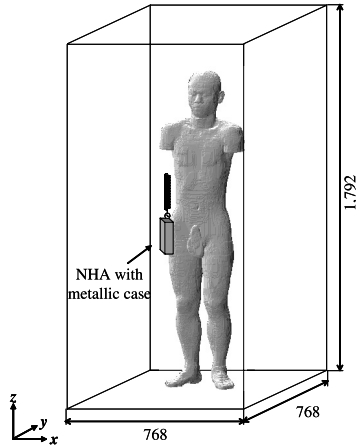


図 3 解析モデル：ケース 1 (成人男性)
Fig. 3 Calculation model: Case 1 (male).

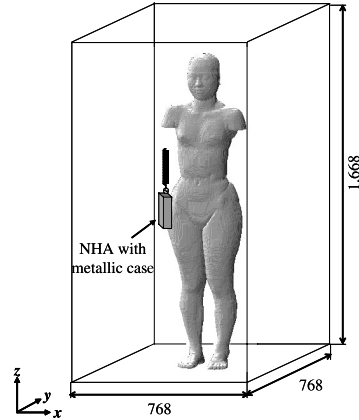


図 5 解析モデル：ケース 1 (成人女性)
Fig. 5 Calculation model: Case 1 (female).

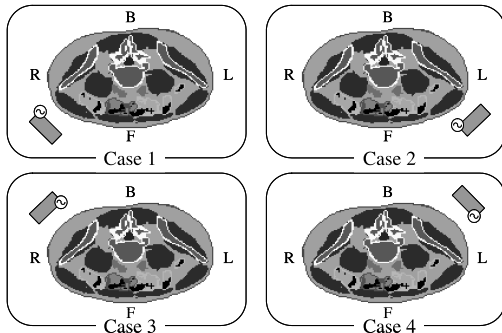


図 4 給電点を含む水平面 (成人男性)
Fig. 4 Horizontal planes of including the antenna feeding point (male).

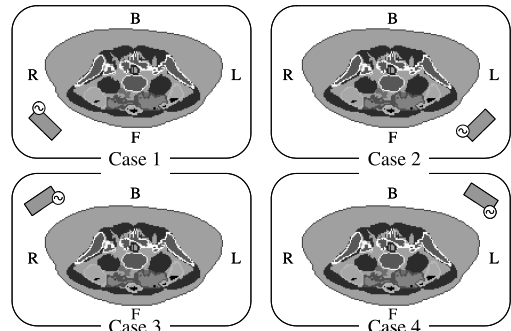


図 6 給電点を含む水平面 (成人女性)
Fig. 6 Horizontal planes of including the antenna feeding point (female).

のボクセルにより巻線形状をモデル化して、解析を行った (図 2 右側)。また、NHA はアンテナ素子形状が複雑なため、モデル化の妥当性を検討しなければならない。そこで、これまでに筆者らは、NHA のモデル化の妥当性を検討するために、ダイポール形状の NHA 近傍における自由空間での磁界分布及び NHA 近傍にファントムを配置した際の SAR 分布の計算結果と測定結果との比較を行った [11]。その結果、磁界分布、SAR 分布ともに、計算結果及び測定結果が良好に一致することを確認した。

2.3 解析モデル

本論文では、以下に示す四つのアンテナ配置における人体内 SAR 解析を行った。

- ・ケース 1：数値人体モデルの右前方
- ・ケース 2：数値人体モデルの左前方

- ・ケース 3：数値人体モデルの右後方
- ・ケース 4：数値人体モデルの左後方

図 3、図 5 に一例として、ケース 1 の解析モデルを示す。本解析には FDTD (Finite Difference Time Domain) 法を用い、アンテナ部におけるセルサイズは $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.5 \text{ mm}$ とし、アンテナより離れるにつれ 0.5 mm から 2.0 mm までセルサイズを大きくする不均一セルを用いた。また、給電方式はギャップ給電を用いており、正弦波により励振した。吸収境界条件は PML (8 層) とした。解析領域は、成人男性を用いた解析モデルでは $768 \times 768 \times 1,792 \text{ mm}$ 、成人女性を用いた解析モデルでは $768 \times 768 \times 1,668 \text{ mm}$ とした。図 4、図 6 に、それぞれのモデルのアンテナ給電点を含む水平断面を示す。アンテナを配置する高さは、フォルダー及びベルトの位置を考慮してへその高さ付近とした。また、アンテナ給電点から人体表

面までの距離は、実際に使用されている 5 種類の業務用無線端末を用いて、フォルダーと服を含めた場合のアンテナから人体表面までの距離の平均値を参考に 40 mm とした [12]。また、実際の使用状況を考慮すると、無線端末装着時は腕を自由に動かすことが可能なことから、無線端末が固定されている胴体に比べて腕への電磁波曝露は少ないと考えられる。更に、数値人体モデルの腕が固定されていることでアンテナ配置が制限されてしまうため、本論文では腕を取り除いて検討を行った。腕を取り除くことで、腕への電磁波曝露がなくなり、胴体への電磁波曝露が主となるため、胴体内の SAR 評価において、厳しい条件になると考えられる。なお、本論文では、アンテナの放射電力で SAR を規格化するため、アンテナのインピーダンス整合については考慮していない。ここで、文献 [11] において、本解析条件と同様にアンテナの放射電力で SAR を規格化した計算結果と、測定結果が一致することを確認している。

3. 計算結果と考察

3.1 水平断面内及び観測線上での SAR 分布

本検討におけるすべての計算結果は、アンテナからの放射電力を 5 W (国内の業務用無線端末の最大出力値) で規格化した。図 7, 図 8 に、成人男性及び成人女性のそれぞれの給電点を含む水平断面内での SAR 分布を示す。図 7 より、ケース 3 及びケース 4 の SAR 分布に比べて、ケース 1 及びケース 2 は約 5.0 W/kg

程度の高い SAR を示す範囲が広く分布していることが分かる。また、同様の傾向が図 8 から分かる。これは、背中に比べて腹部での皮下脂肪が薄く、脂肪より導電率の高い筋肉組織が体表に近い部分に多く配置されているため高い SAR を示す範囲が広く分布したと考えられる。この結果より、皮下脂肪の厚さ及び筋肉組織の配置によって人体深部における SAR 分布の傾向が異なるといえる。また、人体深部における SAR 分布の不均質性による影響を評価するために、均質モデルとの比較をする必要がある。

そこで次に、人体深部における SAR 分布の不均質モデル及び均質モデルを用いた場合の比較検討を行った。図 9 に、成人男性 (ケース 1) の観測線上での SAR 分布を示す。観測線は、アンテナ給電点と対向する数値人体モデル内部に向かう線とした。座標原点は、観測線上の給電点に最も近い人体表面とした。比較として、成人男性モデルの電気定数を全身組織の平均値として筋肉の電気定数の 2/3 の値にした均質モデルの結果も併せて示す。図 9 より、人体表面での SAR を、不均質モデル及び均質モデルで比較した場合、均質モデルの方が約 20% 高いことが確認できる。また、均質モデルではモデル表面で高い SAR を示しているのに対して、不均質モデルではモデル内部 (筋肉組織表面) で高い SAR を示していることが確認できる。これは、筋肉の導電率は皮膚及び脂肪に比べて高いため、モデル表面の皮膚ではなく筋肉組織表面で高い SAR を示したと考えられる。更に、観測線上における人体

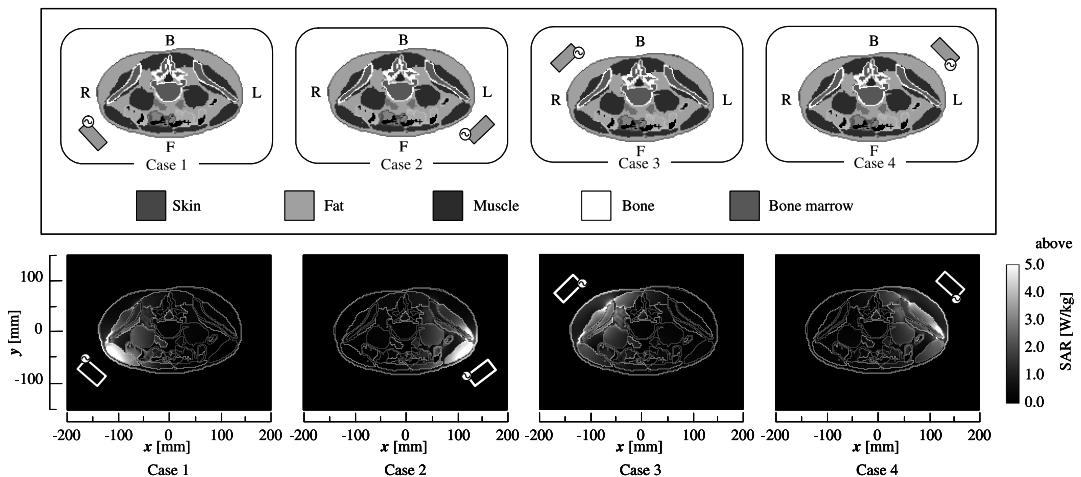


図 7 給電点を含む水平断面内 SAR 分布 (成人男性)
Fig. 7 SAR distributions on horizontal plane (male).

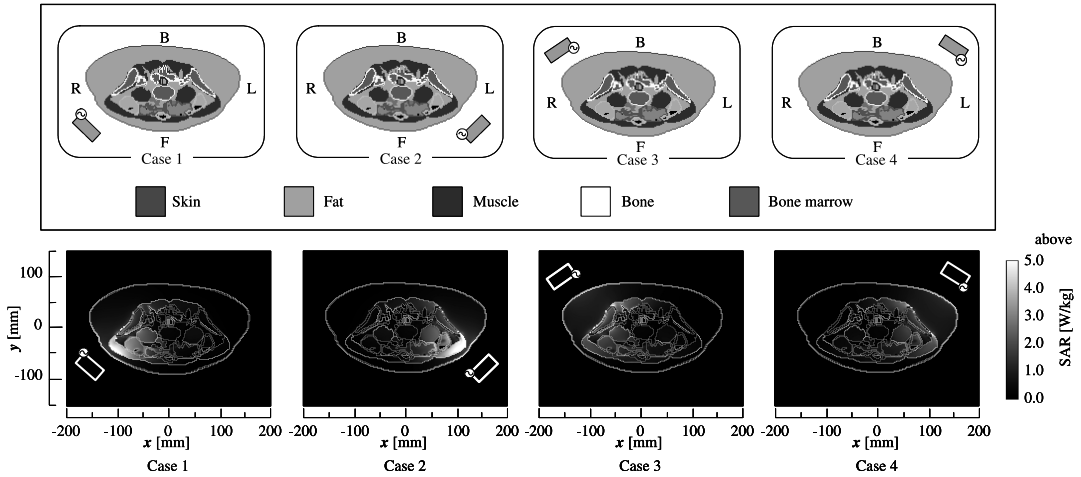


図 8 給電点を含む水平面内 SAR 分布 (成人女性)
 Fig. 8 SAR distributions on horizontal plane (female).

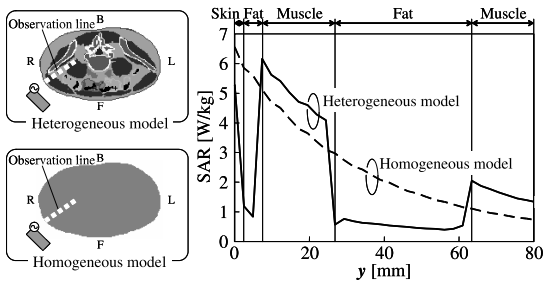


図 9 観測線上の SAR 分布 (成人男性: ケース 1)
 Fig. 9 SAR distribution on the observation line
 (male: case 1).

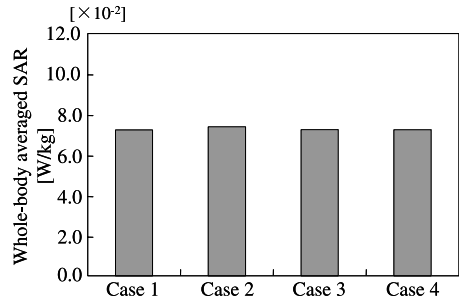


図 10 全身平均 SAR (成人男性)
 Fig. 10 Whole body averaged SAR (male).

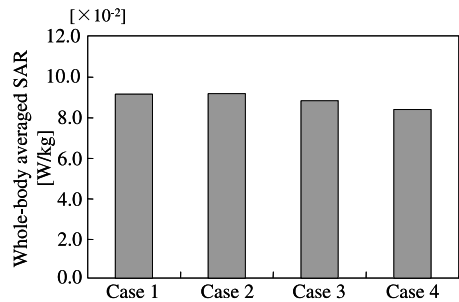


図 11 全身平均 SAR (成人女性)
 Fig. 11 Whole body averaged SAR (female).

深部での SAR を、不均質モデル及び均質モデルで比較した場合、不均質モデルの方が最大約 50%高い点が $y = 63 \text{ mm}$ 以上の筋肉組織にあることが確認できる。

3.2 全身平均 SAR

図 10, 図 11 に、成人男性及び成人女性のそれぞれのアンテナ位置における全身平均 SAR を示す。ここで、成人男性及び成人女性の体重はそれぞれ 65 kg, 53 kg であり、本検討ではアンテナからの放射電力を 5 W とした。つまり、放射電力/体重は 0.1 W/kg 以下であり、全身平均 SAR は管理環境の指針値: 0.4 W/kg (総務省・電波防護指針) を上回る可能性はない。ここでは、基礎検討として全身曝露に関する議論を行う。図 10 より、四つのケースの全身平均 SAR は非常によく一致しており、アンテナ位置が全身平均 SAR に影響しないことを確認した。また同様に図 11 においても、四つのケースの全身平均 SAR は非常によく一

致していることが分かる。ここで、成人女性の全身平均 SAR は成人男性の結果に比べて、約 20%高い値を示している。この原因として、成人女性のモデルの質量が成人男性に比べて約 20%小さいためであると考えられる。また、人体モデルの電気定数を筋肉組織の

表 2 成人男性及び成人女性の人体内 10g 平均局所ピーク SAR

Table 2 10g averaged spatial peak SARs of male and female.

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Male	5.67	7.70	3.19	3.63
Female	4.12	4.37	2.03	2.69

Unit: [W/kg]

2/3 の値にした均質モデルにおいて、四つのケースの全身平均 SAR は不均質モデルの値と非常によく一致しており（差異 1%未満）、モデルの不均質性が全身平均 SAR に影響しないことを確認している。

3.3 10g 平均局所ピーク SAR

表 2 に、成人男性及び成人女性の人体内における 10g 平均局所ピーク SAR を示す。また、10g 平均局所ピーク SAR は、文献 [15] の平均化手法をもとに計算を行った。表 2 より、成人男性において、ケース 1、2 の局所ピーク SAR がケース 3、4 に比べて高いことが確認できる。これは、腹部及び肋骨部分の形状により、アンテナ素子が胴体表面に極端に近接し、体表において局所ピーク SAR を示したと考えられる。また成人女性においても同様に、ケース 1、2 の局所ピーク SAR がケース 3、4 に比べて高いことが確認できる。これは、3.1 で考察したように、背中に比べて腹部での皮下脂肪が薄く、筋肉組織が体表に近い部分に多く配置されているため、ケース 1、2 の方が高い値を示したと考えられる。ここで、成人男性の局所ピーク SAR に比べて成人女性の方が、すべてのケースにおいて低いことが確認できる。この原因として、成人女性の場合、成人男性に比べて腹部がくびれていることから、腰部近傍に配置されているアンテナ素子が腹部表面から離れた位置にあるためであると考えられる。また成人男性において、ケース 1 及びケース 2 では、腹部表面に局所ピーク SAR を示したのに対し、ケース 3 及びケース 4 では胴体内部の筋肉組織に局所ピーク SAR を示した。これは、ケース 1、ケース 2 のように、アンテナ素子が胴体表面に近接することがないため、体表に局所ピーク SAR が示されず、給電点に最も近い腰部の筋肉組織で局所ピーク SAR が示されたと考えられる。成人女性においては、すべてのケースで筋肉組織に局所ピーク SAR を示している。また、比較として人体モデルの電気定数を筋肉組織の 2/3 の値にした均質モデルを用いた場合の 10g 平均局所ピーク SAR を算出した結果、ケースによっては不均質モデ

ルに比べて約 35%低い値を示すことを確認している。更に、局所ピーク SAR を示す位置がすべてのケースにおいてモデル表面であり、現実的な状況下における最悪値評価を行う上では、不均質モデルを用いた方がより正確な評価が行えると考えられる。また、これらの結果において管理環境下における 10g 平均 SAR の指針値である 10 W/kg を超えないことが確認できる。

文献 [4], [5] では、簡易形状の均質モデルを用いて検討を行っているため、複雑な人体形状による SAR の影響を考慮した評価は行われていない。これまでに文献 [16] では、携帯電話に使用されている周波数帯において、人体形状が局所ピーク SAR に大きく影響することが議論されている。本論文では、高精細な人体モデルを用いて解析を行ったことで、業務用無線端末に用いられる 150 MHz 帯においても、局所ピーク SAR が人体形状に影響することを示唆した。また、文献 [8] では不均質モデルを用いた検討を行っているものの、このモデルは 4 種類の媒質のみで構成されており、10g 平均局所ピーク SAR についての議論まではされていない。本論文では、51 種類の生体組織で構成された、より高精細な数値人体モデルを用いて 10g 局所ピーク SAR を算出したことで、皮下脂肪の厚さが局所ピーク SAR に影響することが確認できた。本検討により、不均質モデルを用いて更に詳細な検討を行う際の、基礎的な指針を得ることができた。

4. む す び

本論文では、成人男性及び成人女性に対する 150 MHz 帯業務用無線端末からの電磁波曝露量評価を目的として、高精細全身数値人体モデルの腰部近傍にきょう体付き NHA を配置した際の胴体内 SAR 評価を行った。

そこで、業務用無線端末を装着する位置の違いを考慮して、本論文では 4 通りのアンテナ配置における SAR 解析を行った。その結果、成人男性、成人女性ともに、皮下脂肪の厚さ及び筋肉組織の配置によって、胴体内部における SAR 分布の傾向が異なることが確認できた。また、アンテナの位置は全身平均 SAR に影響しないものの、成人男性の全身平均 SAR に比べて成人女性の全身平均 SAR の方が約 20%高い値を示した。更に、10g 平均局所ピーク SAR について検討を行った結果、成人男女ともに、モデル後方の左右にアンテナを配置した場合に比べて、モデル前方の左右にアンテナを配置した場合の方が高い値を示すことが

確認できた。ここで、両モデルの 10 g 平均局所ピーク SAR は、国内の業務用無線端末の最大出力値である 5 W で放射電力を規格化した場合においても、管理環境の指針値（総務省・電波防護指針）より低いことが確認できた。しかしながら、本論文におけるすべてのアンテナ配置は、人体表面からアンテナ給電点までの距離を 40 mm と固定しており、この距離によって結果は大きく変わることが予想される。また、アンテナエレメントから人体表面までの距離は考慮に入れなかった。これまでに、携帯電話における詳細なアンテナ配置による検討は数多く行われている。今後は、業務用無線端末に用いられる VHF 帯においても、同様に詳細なアンテナ配置における人体内 SAR 評価が必要だと考えられる。

文 献

- [1] "Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz," ANSI/IEEE Standard C95.1-2005, Oct. 2005.
- [2] 郵政省電気通信技術審議会答申, 電波利用における人体防護の在り方, 諮問第 89 号, 1997.
- [3] "Specific absorption rate (SAR) estimation for cellular phone," ARIB Standard T-56, ver.2.0, Jan. 2002.
- [4] 小柳芳雄, 河井寛記, 小川晃一, 伊藤公一, "全身等価楕円中ファントムを用いた 150 MHz 帯ヘリカルアンテナの局所 SAR と放射特性に関する検討," 信学論 (B), vol.J85-B, no.5, pp.664-675, May 2002.
- [5] 小柳芳雄, 河井寛記, 小川晃一, 伊藤公一, "人体等価ファントムと 150 MHz 帯小形アンテナを用いた腹部内局所 SAR の検討," 信学論 (B), vol.J86-B, no.7, pp.1207-1218, July 2003.
- [6] M.A. Stuchly, A. Kraszewski, and S.S. Stuchly, "Exposure of human models in the near and far field - a comparison," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol.BME-32, no.8, pp.609-616, Aug. 1985.
- [7] S.S. Stuchly, M.A. Stuchly, A. Kraszewski, and G.W. Hartsgrrove, "Energy deposition in model of man: frequency effects," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol.BME-33, no.7, pp.702-711, July 1986.
- [8] M.A. Stuchly, A. Kraszewski, S.S. Stuchly, G.W. Hartsgrrove, and R.j. Spiegel, "RF Energy deposition in a heterogeneous model of man: near-field exposures," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol.BME-34, no.12, pp.944-949, Dec. 1987.
- [9] S. Watanabe and M. Taki, "SAR distributions in a human model exposed to electromagnetic near field by a short electric dipole," IEICE Trans. Commun., vol.E79-B, no.1, pp.77-84, Jan. 1996.
- [10] 長岡智明, 櫻井清子, 国枝悦夫, 渡邊聡一, 本間寛之, 鈴木保, 河合光正, 酒本勝之, 小川孝次, "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.45-52, Dec. 2002.
- [11] 秋元晋平, 長岡智明, 中田智史, 菊池 悟, 齊藤一幸, 渡邊聡一, 高橋応明, 伊藤公一, "妊娠女性腹部近傍に配置された筐体付きノーマルモードヘリカルアンテナによる胎児内 SAR 解析," 信学技報, A-P2007-147, 2008.
- [12] H. Kawai, K. Ito, M. Takahashi, K. Saito, T. Ueda, M. Saito, H. Ito, H. Osada, Y. Koyanagi, and K. Ogawa, "Simple modeling of an abdomen of pregnant women and its application to SAR estimation," IEICE Trans. Commun., vol.E89-B, no.12, pp.3401-3410, Dec. 2006.
- [13] C. Gabriel, "Compilation of the dielectric properties of body tissues at RF microwave frequencies," Brooks Air Force Technical Report AL/OE-TR-1996-0037, 1996.
- [14] F.A. Duck, Physical properties of tissue: A comprehensive reference book, London, Academic Press, 1990.
- [15] "IEEE recommended practice for measurements and computations of radio frequency electromagnetic fields with respect to human exposure to such fields, 100 kHz-300 GHz," IEEE Standard C95.3-2002, 2003.
- [16] M. Burkhart and N. Kuster, "Appropriate modeling of the ear for compliance testing of handheld MTE with SAR safety limits at 900/1800 MHz," IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol.48, no.11, pp.1927-1934, Nov. 2000.

(平成 20 年 5 月 8 日受付, 8 月 21 日再受付)

秋元 晋平 (学生員)



平 19 千葉大・工・都市環境システム卒。現在同大学院博士前期課程在学中。人体と電磁波との相互作用評価に関する研究に従事。

菊池 悟 (学生員)



平 17 千葉大・工・都市環境システム卒。平 19 同大学院博士前期課程了。現在、同大学院博士後期課程在学中。人体と電磁波との相互作用評価, がんの温熱治療用アンテナ, MRI 用アンテナに関する研究に従事。IEEE, Bioelectromagnetics Society, 日本ハイパーサーミア学会各会員。



齋藤 一幸 (正員)

平 13 千葉大大学院博士後期課程了。博士(工学)。現在、千葉大・フロンティアメディカル工学研究開発センター・助教。マイクロ波の医療応用及び人体と電磁波との相互作用評価に関する研究に従事。平 12 IEEE AP-S Japan Chapter Young Engineer Award, 平 16 本会学術奨励賞等受賞。平 12 日本学術振興会特別研究員。IEEE, 映像情報メディア学会, 日本ハイパーサーミア学会各会員。



高橋 応明 (正員)

平元東北大・工・電気卒。平 6 東工大大学院博士課程了。同年武蔵工大・工・電気・助手。同大講師を経て、平 12 東京農工大・工・電気電子・助教授。平 16 千葉大・フロンティアメディカル工学研究開発センター・准教授。衛星放送受信アンテナ, 平面アンテナ, 小形アンテナ, RLSA, 環境電磁工学, 人体と電磁波との相互作用の研究に従事。工博。IEEE シニア会員。



伊藤 公一 (正員:フェロー)

昭 49 千葉大・工・電子卒。昭 51 同大大学院修士課程了。同年東工大・工・助手。昭 54 千葉大・工・助手, 平元同助教授, 平 9 同教授, 平 15 同大フロンティアメディカル工学研究開発センター教授, 平 17 同大副理事(産官学連携・知的財産担当), 平 18 同大・工・教授, 平 19 同大・院・教授となり, 現在に至る。主として, がん治療用マイクロ波アンテナ等の医療応用, 移動通信用小形アンテナ, 人体通信, ファントムを用いた人体と電磁波との相互影響評価の研究に従事。工博。著書「Handbook of Microstrip Antennas」(UK, 共著)、「Antennas and Propagation for Body-Centric Wireless Communications」(Artech House, 共著)など。現在, IEEE AP-S 論文誌編集委員, Distinguished Lecturer 及び AdCom 委員。IEEE Fellow, AAAS, 映像情報メディア学会, 日本ハイパーサーミア学会, 日本シミュレーション学会各会員。