

# 被覆形状による生体内携帯電話電磁界強度の 低減に関する研究(Ⅱ)

黒川 悟<sup>\*1</sup>  
井尻 和夫<sup>\*2</sup>  
佐藤 亨<sup>\*3</sup>  
堀 克弘<sup>\*4</sup>  
石原 謙<sup>\*5</sup>

## 【要 旨】

各種機器、特に医療関連機器の外来電磁波に対する誤動作については、生命に関わる重大な問題を引き起こす可能性があるため、その耐性対策については、重要な課題となっている。

携帯電話については、人体から様々な距離に配置されるため、その人体からの距離と人体内の電界強度の関係について、実験と FDTD 法を用いた数値解析を実施した。

その結果、携帯電話と人体との距離を近傍(5 cm程度)から離していくと、ある程度の距離までは、人体背面側の電界強度が上昇することを示す結果を得た。

## 1 緒 言

各種機器、特に医療関連機器の外来電磁波に対する誤動作については、生命に関わる重大な問題を引き起こす可能性のため、その耐性対策については、重要な課題となっている。[1]

昨年度の研究では、携帯電話を最も電磁界強度が高くなると考えられる擬似生体前面に配置した場合の表面近傍の内部電磁界強度に関してその低減手法について検討した。

しかし、携帯電話については、様々な場所、距離に配置されるため、携帯電話が放射する電波のレベルが生体内で最も低くなる箇所の一つと考え

られる、アンテナが配置される背面側の生体内電磁界強度について、放射源からの距離と人体内の電界強度の関係を実験と FDTD 法を用いた数値解析を実施した。

その結果、実験では携帯電話と生体との距離が40cm程度までは、生体による回折等によると考えられる現象により、背面側の擬似生体内電磁界強度が上昇し、最大では放射源側の強度から5 dB程度低い値まで上昇する結果を得た、また、人体の胴体部のみを模擬したモデルを用いた FDTD 法数値解析結果では、5 cmから25cm程度まで離していくと背面側の擬似生体内電磁界強度が上昇する結果を得たので、その概要を報告する。

\* 1 機械電子課 技師

\* 2 機械電子課 専門員

\* 3 京都大学大学院情報学研究科 教授

\* 4 グンゼ株式会社

\* 5 愛媛大学医学部付属病院医療情報部 教授

## 2 実験方法

800MHz 帯携帯電話から放射される電波による擬似生体内の電磁界強度をアンテナと擬似生体との距離をパラメータとして検討する。

300mm × 250mm × 140mmの発泡スチロール容器の中に生体と同様な電気的特性を有する擬似生体ファントムとして、0.5%NaCl 溶液を導入する。[ 5 ] , [ 6 ]

生体内の電磁界強度を評価するセンサとしては、実際に利用されている心臓ペースメーカー電極の構造を考慮し、特性インピーダンス50Ω 同軸ケーブル先端に生体等価インピーダンスとして510Ω の抵抗を接続したセンサを作成した。また、測定時には、作成したセンサを6 dB のアッテネータを介して測定用50Ω 同軸ケーブルに接続した。擬似生体表面とアンテナ間の距離を5 cmから200 cmまで可変させ、水平方向に配置したTR1722ダイポールアンテナ（アドバンテスト社）から800 MHz の正弦波を放射し、作成したセンサでの受信レベルをスペクトラムアナライザにより観測する。実験の概念図を図1 に示す。

なお測定は、擬似生体内部の電磁界強度分布を測定する。

信号発生器出力レベルは10dBm 一定とした。

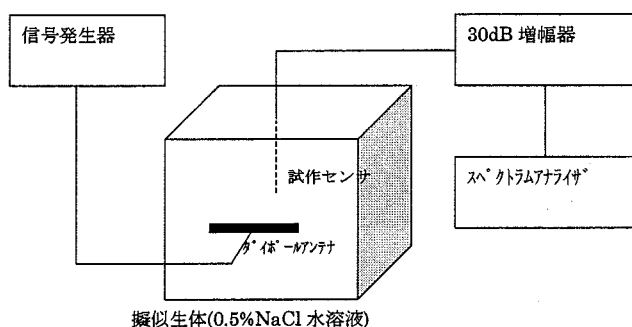


図1 実験概念図

### 3 FDTD 法を用いた数値解析の概要

800MHz 帯携帯電話から放射される電波による生体内の電磁界強度を生体と携帯電話との距離をパラメータとして FDTD 法( Finite Difference Time Domain Method ) [ 2 ] を用いて検討する。

擬似生体としては、胴体のみを有する構造とし、導電率1.43、比誘電率53の媒質 [ 10 ] を設定し、300mm × 200mm × 500mmの直方体を定義する。擬似生体前方に配置した半波長ダイポールアンテナから周波数800MHz の正弦波電波を放射し、擬似生体内の電界強度を評価する。アンテナは擬似生体横方向中心、上面から7 cm、25cmに配置した場合を設定し、擬似生体間の距離は、5 cm ~ 45cmまで5 cm毎に解析する。

解析分割幅は  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 5 \text{ mm}$ 、時間分割幅は  $\Delta t = 9.63 \text{ [ ps ]}$ 、解析格子点数は  $n_x = 140$ 、 $n_y = 180$ 、 $n_z = 160$ と設定し、半波長ダイポールエレメントの給電ギャップに励振する方法により電波を放射するよう設定した。擬似生体内での電磁界は、アンテナ配置面の中心、深さ方向分布を観測した。

なお、FDTD 法による数値解析には、米国 REMCOM 社製 XFDTD5.0Bio - Pro を用いた。

## 4 実験結果及び考察

### 4.1 実験結果

図1 に示す実験概念図に示す構成により、測定した結果を図2、3、4 に示す。

擬似生体表面とアンテナとの距離が5 cmから30cmまでの範囲では、擬似生体背面側の深さ方向電磁界強度がアンテナを離すほど上昇し、45cm程度まではあまり減少せず、それ以上離れると大きく減少していく結果となった。擬似生体背面側の深さ0.5cmの箇所での電磁界強度は、アンテナ距離30 cmの時、-66dBm であった。

また、アンテナと擬似生体表面との距離が20cm、擬似生体表面からの深さ0.5cmでの電磁界強度は-61dBm、深さ1 cmでは-67dBm であった。これは、背後から携帯電話を所有している他者が、40cm程度の距離に近づいた場合の生体内電磁界強度が、正面20cmの距離に近づいた場合と同程度と

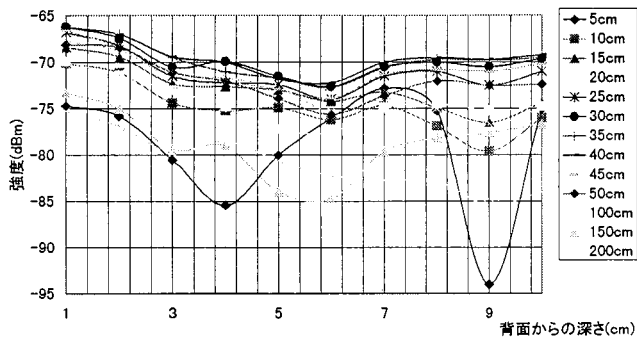


図2 生体内電磁界強度の実験結果  
(アンテナ - 疑似生体距離一定)

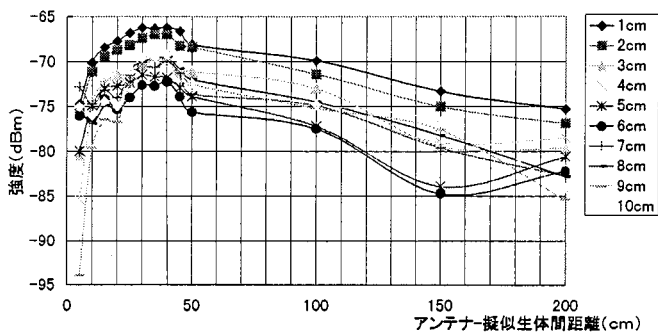


図3 生体内電磁界強度の実験結果  
(背面からのセンサ深さ一定)

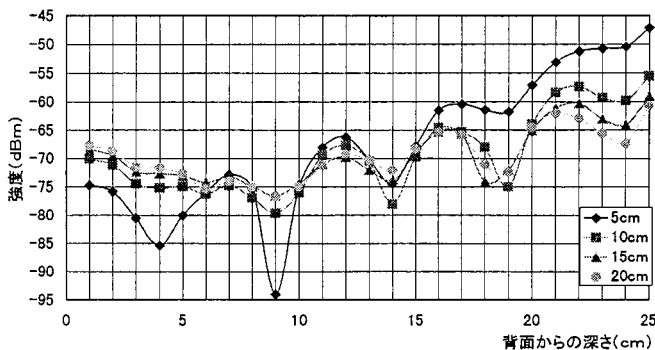


図4 生体内電磁界強度の実験結果  
(アンテナ - 疑似生体間距離一定)

なる可能性があることを示している。

## 4.2 FDTD 法による数値解析結果

### 4.2.1 疑似生体上面から高さ7cmの場合

電界分布の解析結果を図5に示す。

実験と同様、疑似生体上面から7cmの高さに配置した場合、疑似生体と放射アンテナ間の距離を5cmから25cmまで増加させていくと、背面の深さ方向電界分布は表面から5cm程度の深さまでは上昇し、放射アンテナをそれ以上離れた場合、距離

が45cmまでは、あまりレベルは減少しない結果となり、また、アンテナ配置表面側の疑似生体表面からの深さ方向強度については、アンテナが離れるほど減少する結果となり、実験で得られた傾向と似た傾向となる結果を得ることができた。

### 4.2.2 疑似生体上面から高さ25cmの場合

電界分布の解析結果を図6に示す。

疑似生体上面から25cmの高さに配置した場合、疑似生体と放射アンテナ間の距離を5cmから20cmまで増加させていくと、背面の深さ方向電界分布は表面から5cm程度の深さまでは上昇し、放射アンテナをそれ以上離れた場合、距離が45cmまでは、あまりレベルは減少しない結果となった。

また、アンテナ配置表面側の疑似生体表面からの深さ方向強度については、アンテナが離れるほど減少する結果となった。

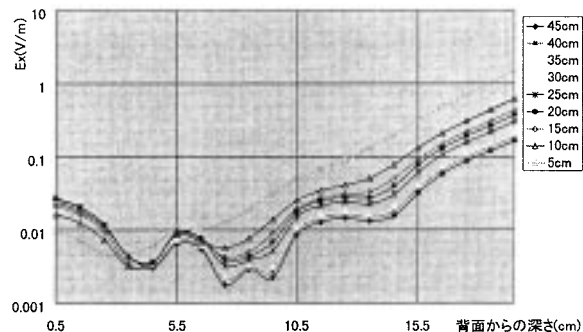


図5 生体内電磁界強度の数値解析結果  
(アンテナ距離一定 - 高さ7cm)

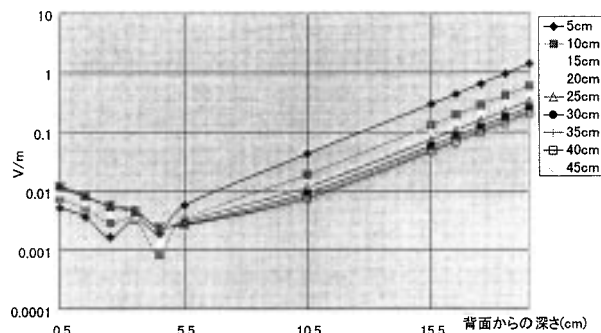


図6 生体内電磁界強度の数値解析結果  
(アンテナ距離一定 - 高さ25cm)

#### 4.2.3 アンテナ配置高さによる擬似生体背面側深さ方向電磁界強度の比較

擬似生体上面からのアンテナ配置高さの違いによる擬似生体背面側深さ0.5cmでの電磁界強度を比較すると、アンテナ配置高さが上面から7cmの時の最大値と25cmの時の最大値の比は7cmの時のほうが約2.2倍高い値となっている。

これは、アンテナが肩に近いほど背面側の電磁界強度が高いことを示すものと考えられる。

#### 5 結 言

本研究では、機器のうち、機器の誤動作が重大な問題を引き起こす可能性のある、生体内に埋め込まれて利用される機器について、日本国内で最も多く利用されている800MHz携帯電話に対するストレスの解析として、生体と電波放射源の距離と生体内電磁界強度の関係を実験とFDTD法による数値解析により検討した。

実験並びにFDTD法による数値解析から、電波放射源が擬似生体表面から5cm～30cmまで離れた場合に、擬似生体の裏面側の深さ方向表面から5cm程度までは、電磁界レベルが上昇し、それ以上離すと減少することがわかった。

また実験結果では、電波放射源の配置されている擬似生体の裏面側の深さ方向表面近傍の電磁界強度と、擬似生体表面から20cm程度まで離れたときの生体表面からの深さ0.5cmでの電磁界強度の差が5dB程度までになると確認できる結果を得た。

これらの結果から、心臓ペースメーカーを所有者の背後から携帯電話を所有している他者が近づいてきた場合、近距離でなく、ある程度の距離はなれている場合のほうが、危険性があることがわかった。

#### (参考文献)

- [ 1 ] IEC 60601-1-2 : 1993 Medical electric equipment Part 1 : General requirements for safety 2.Collateral Standard : Electromagnetic compatibility-Requirements and tests
- [ 2 ] Karl S. Kunts,Raymond J. Lubbers, "The finite Difference Time Domain Method for Electro-Magnetics" CRC Press Inc, Boca Raton, USA. (1993)
- [ 3 ] 齊藤一幸,伊藤公一, " FDTD 解析を用いたマイクロ波ハイパサーミア用同軸スロットアンテナの SAR 分布特性に関する検討 ", 電子情報通信学会論文誌 ,Vol, J 82-B No .2 , pp 276-282 Feb1999
- [ 4 ] Remcom Inc., "User's Manual for XFDTD the Finite Difference Time Domain Graphical User Interface for Electromagnetic Calculations", Version 5.0, December 1998.
- [ 5 ] 黒川悟,伊藤公一,上野公志, " 細い同軸ケーブルによるハイパサーミア用侵襲形アプリケーション ", 電子情報通信学会技術研究報告 , A・P88-75 ,1988 .10
- [ 6 ] 黒川悟, " マイクロ波ハイパサーミア用侵襲形アプリケーションの基礎的研究 " 千葉大学修士論文 ,1989 3
- [ 7 ] 豊島, " 欧州におけるペースメーカーの規格概要と動向 " 電磁環境工学情報 , No .124 , pp115-125 ,1998 8 5
- [ 8 ] 豊島, " ペースメーカーの電磁波干渉発生の機序 - 実例としての携帯電話 ", 第 2 回医療電磁環境研究会資料 ,pp 2 - 7 ,1998 .10 3
- [ 9 ] 垂澤,野島, " ペースメーカーにおけるシールド繊維の効果に関する実験的検討 ", 第 2 回医療電磁環境研究会資料 , pp8-9 ,1998 .10 3

- [ 10 ] 黒川悟，佐藤亨，堀克弘，石原 謙，“被覆形状による生体内携帯電話電磁界強度の低減に関する研究”，電子情報通信学会ソサイエティ大会論文集，B-4-27,1999 9