

# 携帯電話利用周波数電磁波による生体内利用機器への 電磁界ストレス低減手法に関する研究\*1

黒川 悟\*2  
井尻 和夫\*3  
堀 克弘\*4  
石原 謙\*5

## 【要 旨】

各種機器、特に医療関連の機器の外来電磁波に対する耐性対策については、IEC規格の医療機器関連規格、国内の医療関連規格の自主規制の実施等、極めて重要となってきており、外来電磁波に対する耐性試験時の誤動作プロセスの解明は、重要な課題となっている。

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、日本国内で利用されている800MHz携帯電話電波に対するストレスの解析とそのストレスの軽減措置としての衣服状のシールド材料の効果を実験と数値解析により検討した結果、衣服状のシールド材料を用いることにより生体内での電磁界ストレスを約20dB前後軽減できる可能性を示す結果を得ることができた。

## 1 緒言

各種機器、特に医療関連の機器の外来電磁波に対する耐性対策については、IEC規格の医療機器関連規格、国内の医療機器関連自主規制の実施等により、極めて重要となってきており、外来電磁波に対する耐性試験時の誤動作プロセスの解明は、重要な課題となっている。

本研究では、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

される心臓ペースメーカーについて、日本国内でも多く利用されている800MHz携帯電話電波に対するストレスの軽減措置としての衣服状のシールド材料の効果の推定を実施した。

実験では、生体と同様な誘電率等を有するとして広く用いられている0.5%NaCl溶液を擬似生体として用い、心臓ペースメーカー電極を模擬したセンサを作成し、擬似生体内に配置した本センサで受信される電磁波レベルを評価することにより実施した。

また、数値解析は電磁界の時間応答を推定できる数値解析手法であるFDTD法(Finite Difference Time Domain Method)により検討した。

その結果、衣服状のシールド材料効果並びにシールドの実施時の生体内電磁界分布の時間応答を推定することができたので、その概要を報告す

\*1 無線周波数放射及び伝導電磁界イミュニティ試験時の誤動作プロセスの解析( )

\*2 機械電子課 技師

\*3 同課 専門員

\*4 グンゼ株式会社研究開発部京都研究所

\*5 愛媛大学医学部 教授

る。

## 2 FDTD法を用いた生体内の電磁界分布の数値解析の概要

携帯電話から放射される電磁波によって出来る、生体内の電磁界分布を解析するため、600mm × 400mm × 700mm の自由空間を10mm × 10mm × 10mm の立方体で分割し、 $t = 19.3\text{ps}$  ステップ毎の電磁界分布を求める。

空間内には擬似生体として、全身筋肉と同じ電気特性を有する媒質として、導電率 1.43、比誘電率 53 と設定し、300mm × 100mm × 500mm の胴体に、首と腕を有する構造を定義する。携帯電話から放射される電磁波としては、周波数 800MHz の正弦波を半波長ダイポールアンテナからギャップ給電により励振した。

生体とアンテナ間の距離は100mm、アンテナは垂直方向に配置した。

FDTD法により解析する空間定義の概要図を図

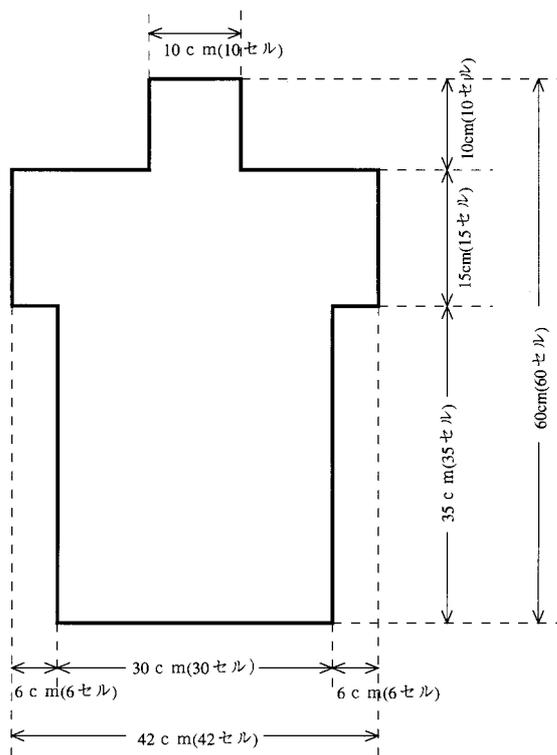


図 1 - 1 解析する空間定義概要図 (x-z面)

1 に示す。

生体内の電磁界ストレスを低減するためのシールド材料としては、V首状、丸首状(直線状の首)の衣服を設定し、シールドのない場合の電磁界レベルの最大値との比のデシベル値により評価する。観測点は、擬似生体の表面から深さ 2cm、肩から 10cm 下方、体の中心位置とした。

シールド材料としては、実験で用いる材料と同程度の導電率  $= 1 \times 10^5\text{S/m}$  と設定し、擬似生体

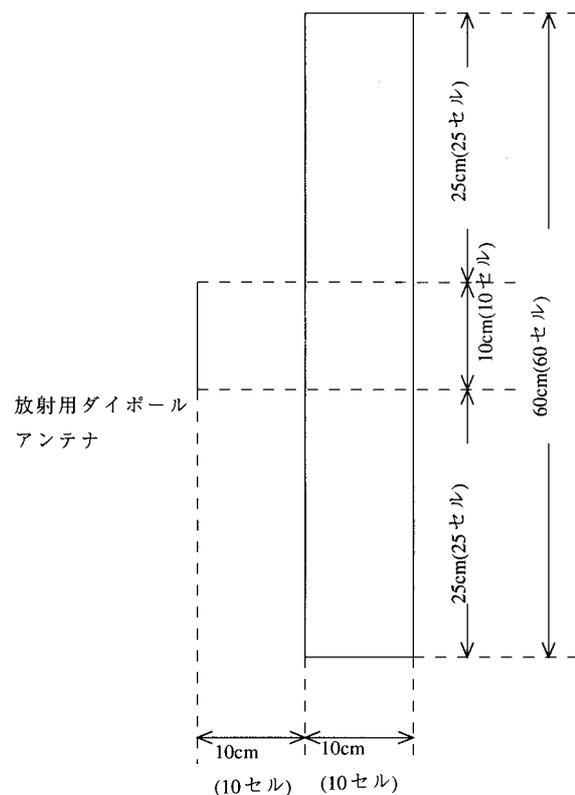


図 1 - 2 解析する空間定義概要図 (y-z面)

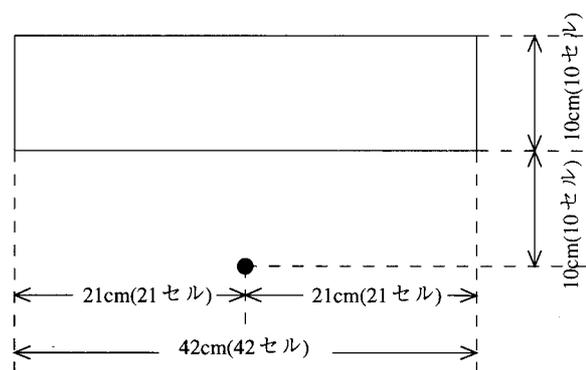


図 1 - 3 解析する空間定義概要図 (x-y面)

から 1 cm の距離に配置した。

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。

### 3 実験方法

生体内に配置した機器に対する電磁波ストレスの推定のため、図 2 に示す比誘電率 3 の材料で作成した容器を作成し、その中に生体と同様な誘電率等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。

本研究では、体内に配置する機器として、その誤動作が最も重大な事故を引き起こすと考えられる、心臓ペースメーカーに対するストレスを推定することとした。

このため、生体内の電磁界ストレスを評価する



図 2 実験配置図



図 3 同軸ケーブル型センサ

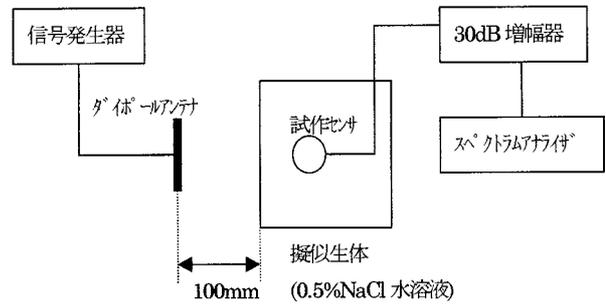


図 4 実験概念図

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構造を考慮し、特性インピーダンス 50 Ω 同軸ケーブル先端に生体等価インピーダンスとして 510 Ω の抵抗を接続したセンサを作成した。作成したセンサを図 3 に示す。

実験は図 4 に示す実験概念図の構成により実施する。800MHz の正弦波を TR1722 ダイポールアンテナ（アドバンテスト社）から放射し製作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。

なお、擬似生体表面とアンテナ間の距離は 100mm、信号発生器出力レベルは 10dBm (10mW) である。

本実験配置により、携帯電話に対する生体内配置機器へのストレスの軽減措置としての衣服状シールド材料の効果推定を実施する。実験に用いた材料は以下の 2 種とした。両衣服とも、繊維には銀繊維を用いている。

グンゼ(株)試作、Vネック状シールド衣服(導電率 =  $1 \times 10^5 \text{S/m}$  程度)

他社製 Y シャツ状シールド衣服(導電率 =  $1 \times 10^5 \text{S/m}$  程度)

## 4 実験結果及び考察

### 4.1 FDTD法による数値解析結果

図 1 に示す空間定義を用いて、FDTD法により求めた擬似生体体表から深さ 2 cm の点での推定

シールド効果を表1に示す。

数値解析を実施した放射アンテナの配置では、アンテナから放射される電磁波は、電界についてはEz(垂直方向)成分、磁界についてはHz(水平成分)が最も大きな成分となる。数値解析結果を見ると、Ez成分、Hx電界については、どの場合も、16dB以上の低減効果が得られる結果となった。最もよいシールド特性得ることができたのは丸首状材料の場合で、Ez成分で-23dB、Hx成分で-28dBであった。

表1 FDTD法により推定したシールド効果

| 形状  | 電界のシールド効果 [dB] |     |     |     |
|-----|----------------|-----|-----|-----|
|     | Ex             | Ey  | Ez  | E   |
| 丸首状 | -6             | -23 | -23 | -23 |
| V首状 | 15             | -16 | -16 | -16 |

| 形状  | 磁界のシールド効果 [dB] |     |    |     |
|-----|----------------|-----|----|-----|
|     | Hx             | Hy  | Hz | H   |
| 丸首状 | -22            | -25 | -1 | -22 |
| V首状 | -16            | 5   | 17 | -16 |

また、V首状材料の場合、Ex成分が15dB、Hy成分が5dB、Hz成分が17dB増幅される結果となっている。

|E|、|H|を見ると、支配的な成分がEz、Hxであるため、これらと同様の傾向を示す結果となり、電界、磁界とも丸首状が最もよい低減効果を示す結果となった。

#### 4.2 実験結果

図5に示す実験概念図に示す構成により、測定した結果を表2に示す。シールド衣服のない場合の擬似生体内のセンサからの出力レベルをまず測定し、次にシールド衣服を用いた場合のレベルを

出力レベルを測定してその差を遮断性能とした。実験結果を以下に示す。

実験結果では、材料ワイシャツ状材料が最もシールド効果がある結果となった。

また、本実験結果では、同じ材料でもV首状のものと、丸首状のものでは、丸首状のものの方がシールド性能がよいという結果となった。

表2 実験によるシールド効果測定結果

|         | シールドなし | シールド有り | シールド性能 |
|---------|--------|--------|--------|
| 材料 丸首   | -16.5  | -41    | 24.5   |
| 材料 V首   | -16.5  | -44    | 27.5   |
| 材料 Yシャツ | -18.5  | -47    | 28.5   |

#### 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軽減措置としての衣服状のシールド材料の効果を実験と数値解析により検討した。

その結果、FDTD法による数値解析、並びに実験により、衣服状のシールド材料を用いることにより生体前方から到来する電磁波に対するストレスを約20dB前後軽減できる可能性を示す結果を得ることができた。

また、数値解析、実験結果からともに、衣服の形状としては、丸首状の首周りを有する形状が有効であることを示す結果を得ることができ、実際の商品形状としての指針を得ることができた。

#### (参考文献)

- 1) Karl S. Kunts, Raymond J. Lubbers, "The finite Difference Time Domain Method for Electro-Magnetics" CRC Press Inc, Boca

Raton, USA.(1993)

- 2 ) Remcom Inc., "User's Manual for XFDTD the Finite Difference Time Domain Graphical User Interface for Electromagnetic Calculations", Version 5.0, December 1998.
- 3 ) 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
- 4 ) 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, pp2-7, 1998.10.3
- 5 ) 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
- 6 ) 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
- 7 ) 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
- 8 ) 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, J82-B No.2, pp.276-282, Feb 1999