

非一様磁界中の人体ばく露に関する 簡易評価手法(2)

- 人体詳細モデルを用いた誘導電流計算による検証 -

背景

電磁界ばく露に対する人体防護指針¹⁾において、概ね 100 kHz までの低周波領域では体内誘導電流が影響の評価指標とされ、一様磁界へのばく露が想定されている。しかしながら、発生源のごく近傍等では磁界が一様ではないため、非一様磁界へのばく露の簡便な評価手法が望まれている。前報²⁾において、球モデル中の最大誘導電流を指標とした、人体防護指針との比較が可能な、非一様磁界ばく露の簡便な評価手法を提案したが、この手法のさらなる検証が必要である。

目的

人体詳細モデル³⁾に対する誘導電流評価を行い、前報で提案した評価手法の検証を行う。

主な成果

1. インピーダンス法による誘導電流数値計算コードの開発

人体内部の多様な組織の電気的特性を模擬する人体モデルへの適用が可能な、インピーダンス法(人体を抵抗からなる立方体形状のセルでモデル化し、回路網方程式を解く手法)による体内誘導電流数値計算コードを開発した。これにより、2 mm の解像度(要素数約 800 万個)で約 50 の組織を模擬する、MRI 画像に基づき構築された人体モデル内部の誘導電流の詳細な評価を可能とした(図 1)。

2. 日本人モデルと米国人モデルの規格化誘導係数の比較

単線電流路近傍の、磁界が非一様となる空間に配置した日本人人体モデルに対し、最大誘導電流を指標とする規格化誘導係数を計算し、報告されている米国人モデルに対する規格化誘導係数との比較を行った。この結果、人体モデルの違いの影響はわずかであることを示した(図 2)。

3. 均質球を用いた提案手法の検証

球モデルを用いて規格化誘導係数を評価する提案手法について、詳細人体モデルに対する規格化誘導係数との比較を行った。この結果、均質球を用いた提案手法は、人体詳細モデルを用いた数値計算に基づく規格化誘導係数の安全側の評価が可能であることが明らかになった(図 2)。

注 1) 低周波磁界に対する人体防護指針は、ICNIRP (国際非電離放射線防護委員会) などの国際機関によって定められており、欧米を中心に各国での基準に採用されている (日本では現在のところ基準はない)。これらの防護指針では、電磁誘導現象にもとづき体内に誘導される電気量 (誘導電流、誘導電界) が遵守すべき基本制限と定められ、これに等価な外部の測定可能な一様磁界が参考レベルとして示されている。

注 2) 山崎他: 「非一様磁界中の人体ばく露に関する簡易評価手法」, 電中研研究報告 H04003 (平成 17 年 3 月)

注 3) (独)情報通信研究機構開発による日本人人体詳細モデルを用いた。

参考文献: 長岡・櫻井・国枝・渡辺・本間・鈴木・河合・酒本・小川・此川・久保田・金・多氣・山中・渡辺: 「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, 40, 4, 239-246 (2002)

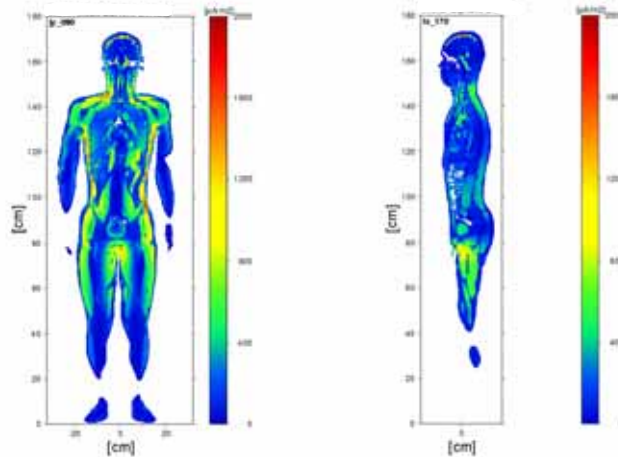


図 1 日本人人体詳細モデルにおける誘導電流分布の計算結果の例 (要素数が多く人体形状をよく模擬する断面を選んだ。正面方向の一様磁界の場合。左: 正面方向断面, 右: 側面方向断面)

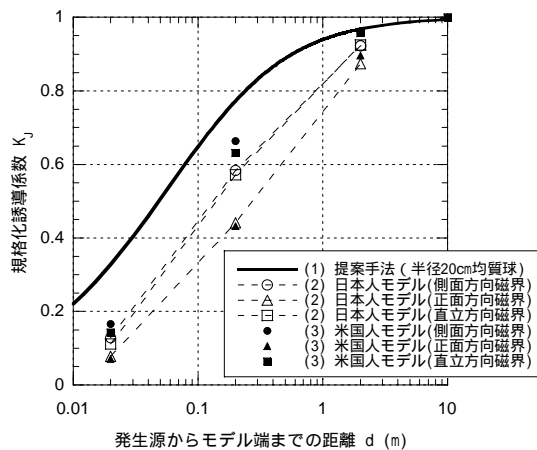


図 2 規格化誘導係数の比較

- (1) 提案手法 (半径 20cm の均質球に対する規格化誘導係数) (—)
- (2) 日本人人体詳細モデルに対する数値計算結果 (—○—, —△—, —□—)
- (3) 米国人人体詳細モデルに対する数値計算結果 (他機関による報告) (—●—, —▲—, —■—)
- 規格化誘導係数の定義は、以下のとおり。

$$K_j = \frac{\text{「非一様磁界」中のモデル内最大誘導電流}}{\text{「モデル内の最大磁界に等しい大きさの一様磁界」中のモデル内最大誘導電流}}$$

一様磁界中では、 $K_j = 1$ 、非一様磁界中では、 $K_j < 1$ となる。この係数を人体の最大磁界値に乗じて等価な一様磁界を算出し、防護指針の磁界の基準値と比較する。規格化誘導係数が大きいほど安全側 (厳しい側) の評価となる。

研究報告 H05005	キーワード: 非一様磁界、誘導電流、誘導磁界、人体詳細モデル
担当者	山崎 健一 (電力技術研究所・高電圧・電磁環境領域)
連絡先	(財)電力中央研究所 電力技術研究所 Tel. 046-856-2121(代) E-mail: eperl-rr-ml@criepi.denken.or.jp