

ドシメトリに関する研究動向

名古屋工業大学 平田 晃正

平成26年7月14日

ガイドラインにおける評価指標とドシメトリ

- 低周波・中間周波・・・**体内誘導電界**／**準静近似**による解析
 - 総務省防護指針(10-100kHz)
 - ICNIRPガイドライン(2010. 100 kHz, 刺激作用は10MHzまで)
 - IEEE
- 高周波・・・**比吸収率(SAR)・電力密度**／**Full-wave**による解析
 - ・SARの適用上限周波数
 - 総務省防護指針 (6GHz)
 - ICNIRPガイドライン(1998. 10GHz)
 - IEEE(3GHz. 但し, 局所SARについては3－6GHzが過渡領域)
 - ・熱ドシメトリ(評価指標の根拠の検証)

人体のモデル化に関する動向

- 人体モデルの作成
 - 情報通信研究機構¹
 - IT'IS Foundation(スイス)Virtual Family
 - 医療分野:頭部のみが多いが、MR画像から自動生成
- 人体電気定数の測定
 - Gabriellによるデータがデファクトスタンダード(1996)
 - 情報通信研究機構による測定事例²
- 人体熱定数の測定
 - 高周波ドシメトリのみ関連。
 - 報告例が少ない³

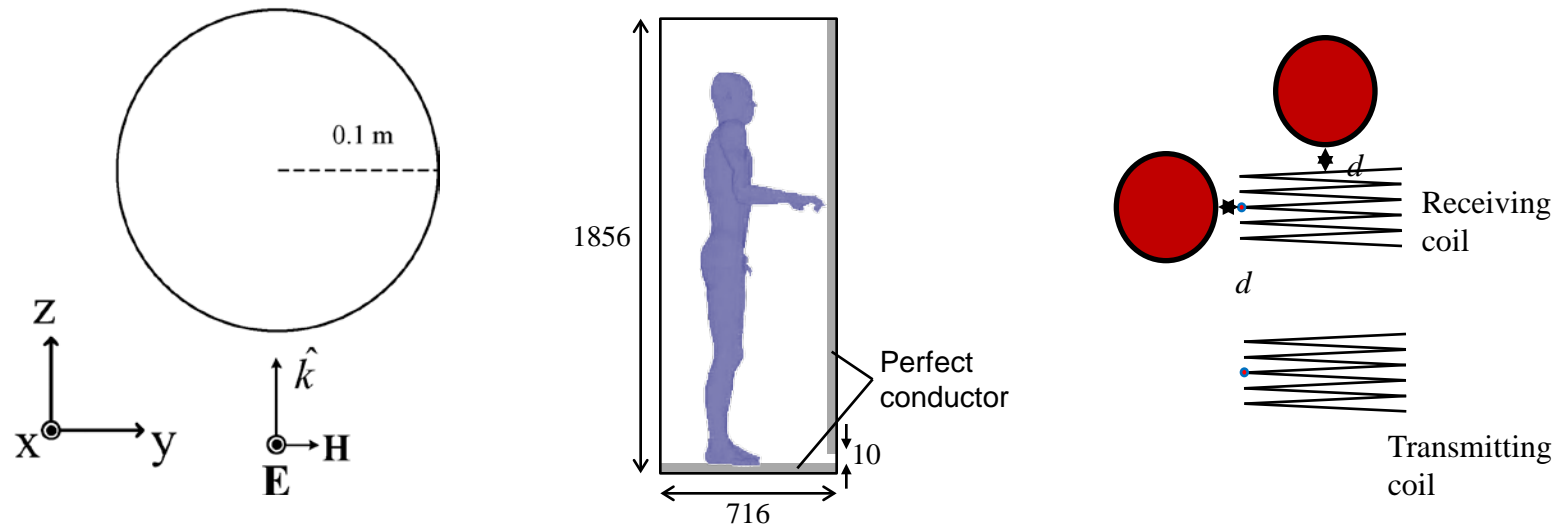
1: 長岡ら, 信学技報, EMCJ2014-15

2: K. Sasaki et al, Radio Sci. 2014.

3: 浅井ら, 信学論(B), 95-B, 2012

中間周波ドシメトリの動向(1)

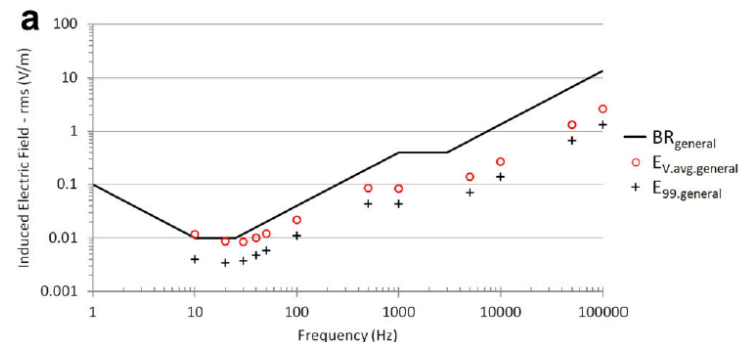
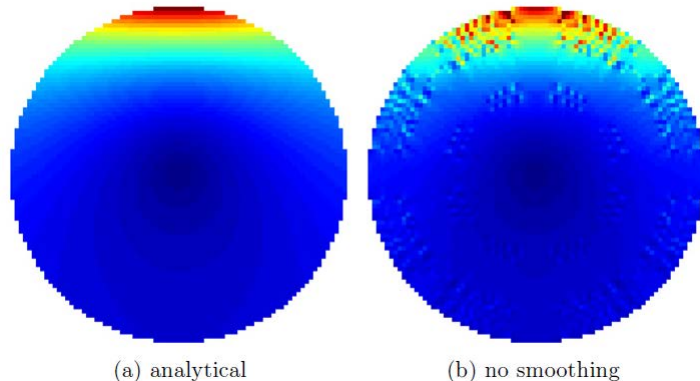
- 準静近似による適用上限周波数の検討
 - 平面波: 頭部モデル(直径20cm)¹: ~25MHz
 - 接触電流: 全身モデル²: ~3MHz
 - 局所ばく露: 無線電力伝送を例³: ~10MHz



1: S. W. Park et al, IEEE Trans. MTT, 2013
2: K. H. Chan et al, Phys. Med. Biol., 2012
3: A. Hirata et al, Phys. Med. Biol., 2013

中間周波ドシメトリの動向(2)

- 基本制限と参考レベルの関係の確認
 - 国際ガイドライン(ICNIRP)が評価指標を体内誘導電界に変更
 - 2mm角立方体における誘導電界の99パーセンタイルを評価指標
 - 低周波における刺激閾値を外挿(指先を除く)
 - 評価指標の根拠¹
 - 一様磁界ばく露²
 - 課題: 電磁界解析と神経モデルとの連成解析による更なる検証³



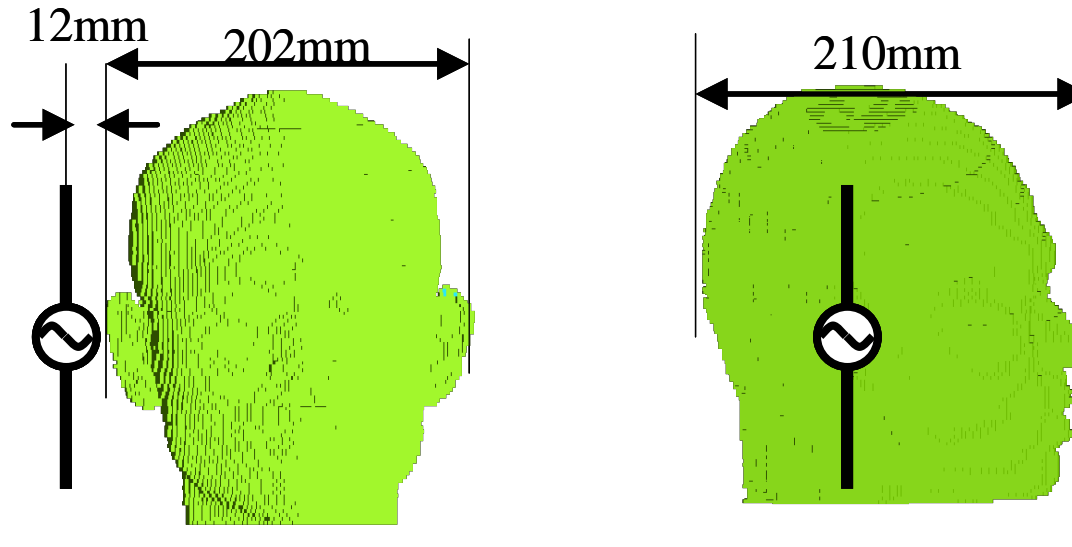
- 1: I. Laakso and A. Hirata, Phys. Med. Biol. 2012
- 2: X. L. Chen et al, Bioelectromagnet, 2013
- 3: I. Laakso et al, submitted.

高周波ドシメトリの動向(1)

～熱ドシメトリに基づく指標の相違の検証～

- ガイドライン間の相違
 - 総務省防護指針 (6GHz), ICNIRPガイドライン(1998. 10GHz)
 - IEEE (3GHz. 但し, 局所SARについては3–6GHzが過渡領域)
- 局所ばく露・・・**局所10gSAR**の適用上限周波数の検討
 - ・局所温度上昇との相関
 - ・高周波における入射電力密度への指標
- 全身ばく露・・・**全身平均SAR**
 - ・体内深部温度上昇との相関

高周波ドシメトリの動向(2)



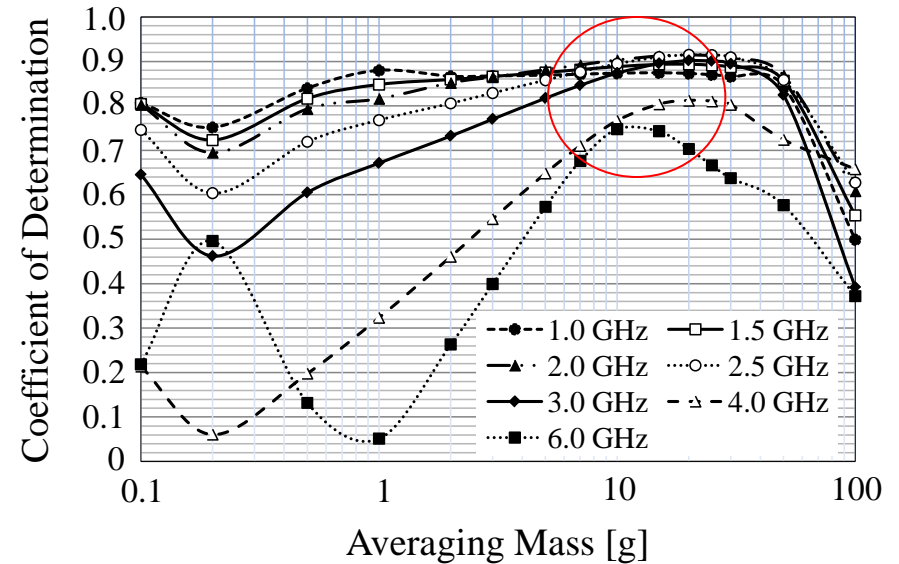
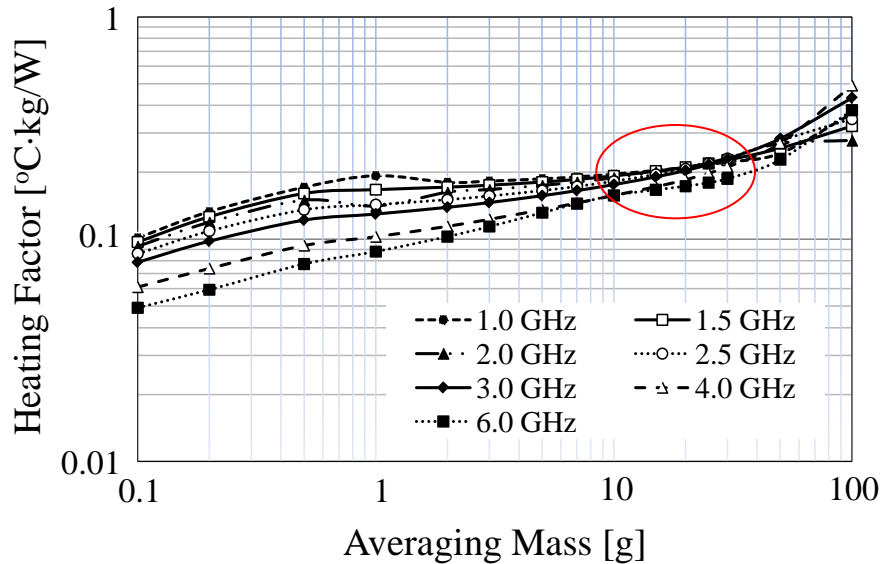
•解像度2.0 mmのものを
1.0 mmに細分化*,**

- ダイポールアンテナを仮定
- 周波数は、1.0 GHz, 1.5 GHz, 2.0 GHz, 2.5 GHz, 3.0 GHz, 4.0 GHz, 6.0 GHz
- 各点における局所平均SARおよび温度上昇を計算し、その結果が式(1)の関係を満たすかを最小二乗法で評価
- 評価指標: 加温係数および決定係数で評価。
決定係数とは相関係数の二乗であり、1に近いほど回帰方程式のあてはまりの良さを示す。

* J. Wang and O. Fujiwara IEICE Trans. 2001.

** T. Nagaoka et al, Phys. Med. Biol., 2004

高周波ドシメトリの動向(3)



- 加温係数は6GHzまでの周波数では、10-30g程度の平均化質量に対して周波数依存性が小さい(1gの平均化質量だと1GHzから6GHzで2倍程度の違いがある)。
- 決定係数は4GHzより低下傾向にあるものの、10g平均では6GHzでも0.75以上(1g平均だと6GHzで0.05程度に下がる)

高周波ドシメトリの動向(4)

～WHO RF Research Agendaより～

- 2006年に掲げられた課題

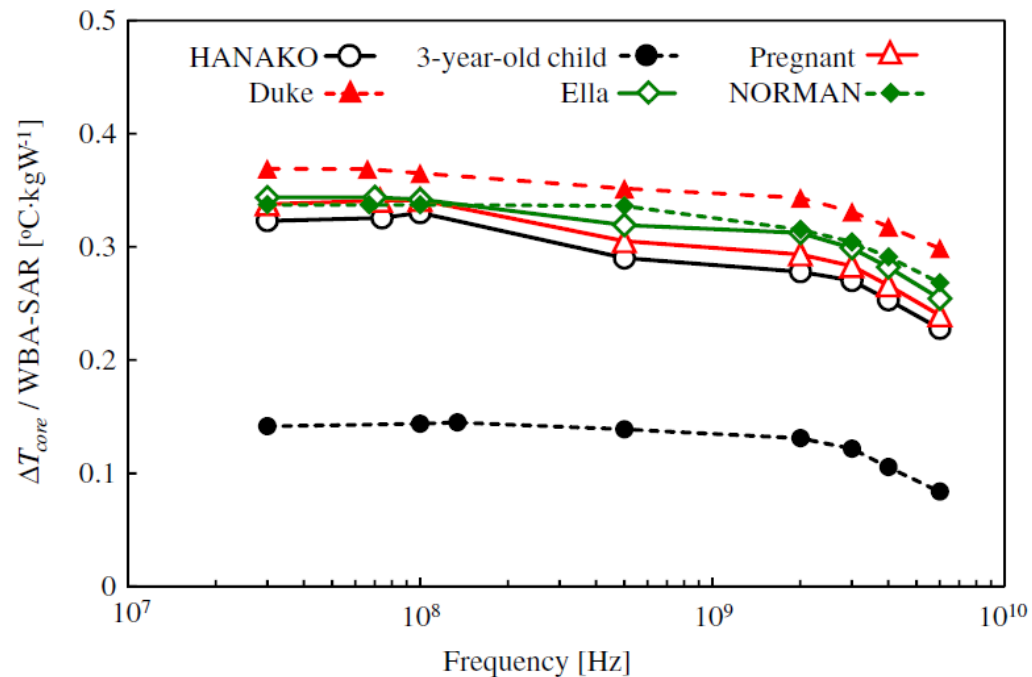
*Further work on dosimetric models of children of different ages and of pregnant women. Improvement in dosimetric models of RF energy absorption in animals and humans **combined with appropriate models of human thermo regulatory responses** (e.g. inner ear, head, eye, trunk, embryo and foetus).*

- 2010年に発表された成果

No significant temperature variations have been found at small distance scales with current telecommunications waveforms and **the appropriateness of the 10 g mass** presently used in averaging SAR **has been shown (Hirata & Fujiwara, 2009)**. Further work in this area would have greater priority if temperature rise was to be considered for inclusion as a restricted quantity in future exposure guidelines.

高周波ドシメトリの動向(5)

～全身ばく露について～



- 深部体温上昇に対する加温係数
 - 2～3GHzより減少傾向
 - 体形および発汗により変動
 - 高齢者の検討など