



人体の電波吸収特性について

藤原 修

名古屋工業大学大学院

- ✓キーワード（比吸収率，SAR）
- ✓電波防護指針の考え方
- ✓単純形状の人体モデルと全身平均SAR
- ✓現在の状況と研究動向
- ✓高精度な人体モデルと全身平均SAR
- ✓むすび



キーワード

比吸収率

SAR

Specific Absorption Rate

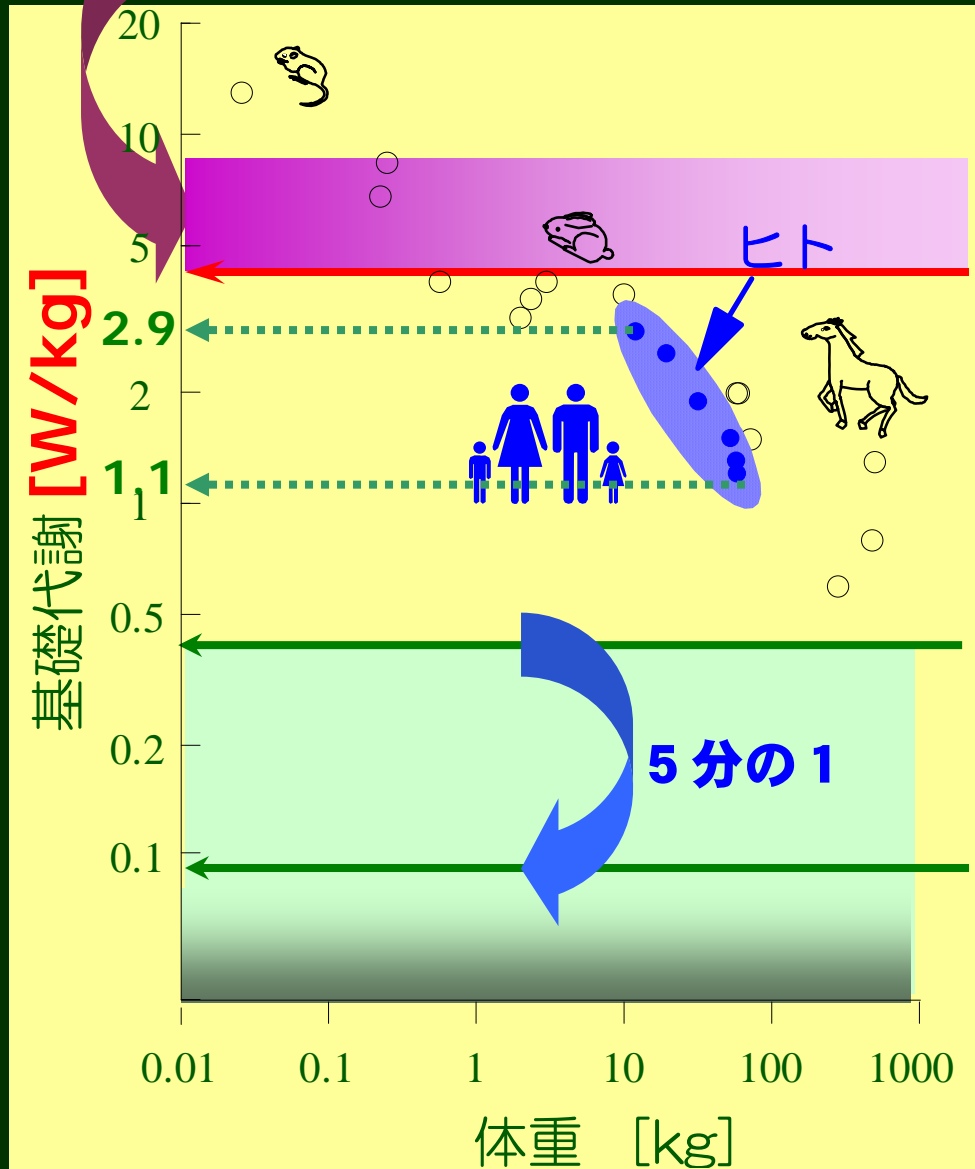
- 電波に生体がさらされた場合の単位体重あたりの電波電力，熱発生源

W/kg

全身平均SAR



動物実験による電波の影響範囲（可逆的）



4.0W/kg

10倍

50倍

0.40W/kg : 管理

国際標準

0.08W/kg : 一般



電波防護指針の考え方

👉 電波防護指針（1990年）

基礎指針： 全身平均 SAR < 0.4 W/kg

管理指針： 電力密度・電磁界強度値を規定

管理環境／一般環境（電力密度で5分の1）

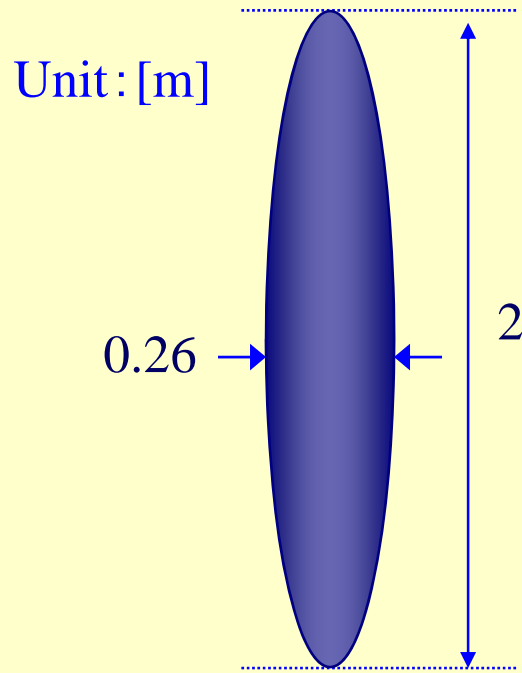
👉 基本的な考え方

管理指針レベルでの電波曝露は基礎指針を満たす
深部上昇温度は十分小さい（ $1 \sim 2 \text{ W/kg} = 1^\circ\text{C}$ 未満）

👉 留意点

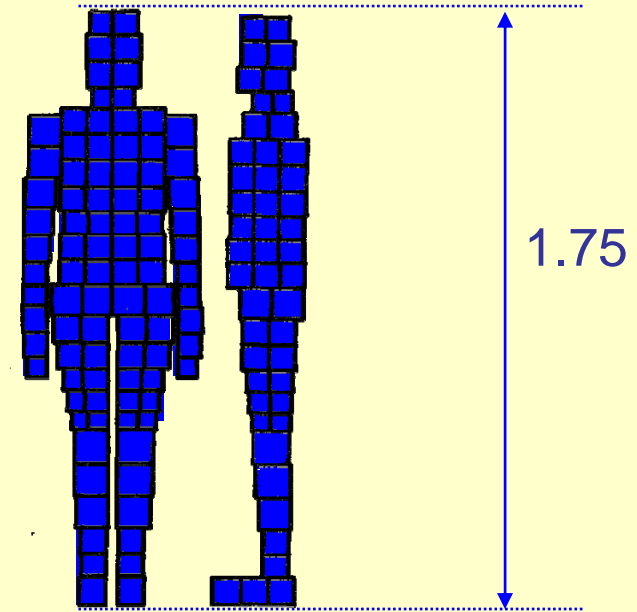
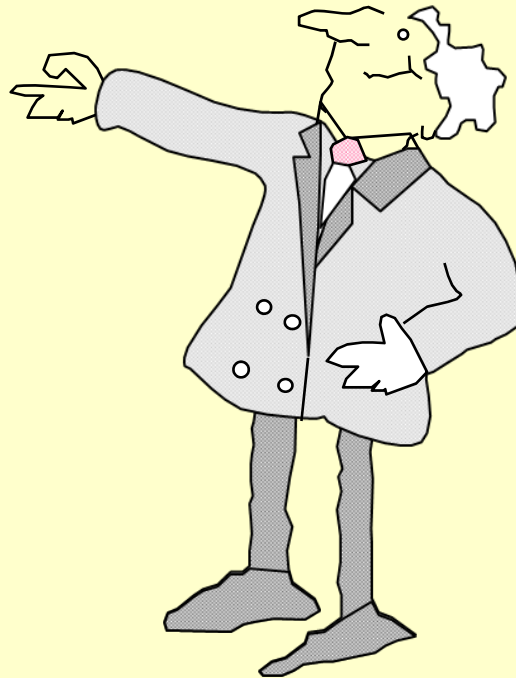
管理指針は、**単純形状の人体モデル**を対象として構築

単純形状の人体モデル



楕円体モデル

C.H. Durney, et al., 1975



ブロックモデル

M.J Hagmann, et al., 1979

電波の人体吸収特性（全身平均SAR）

全身平均SAR

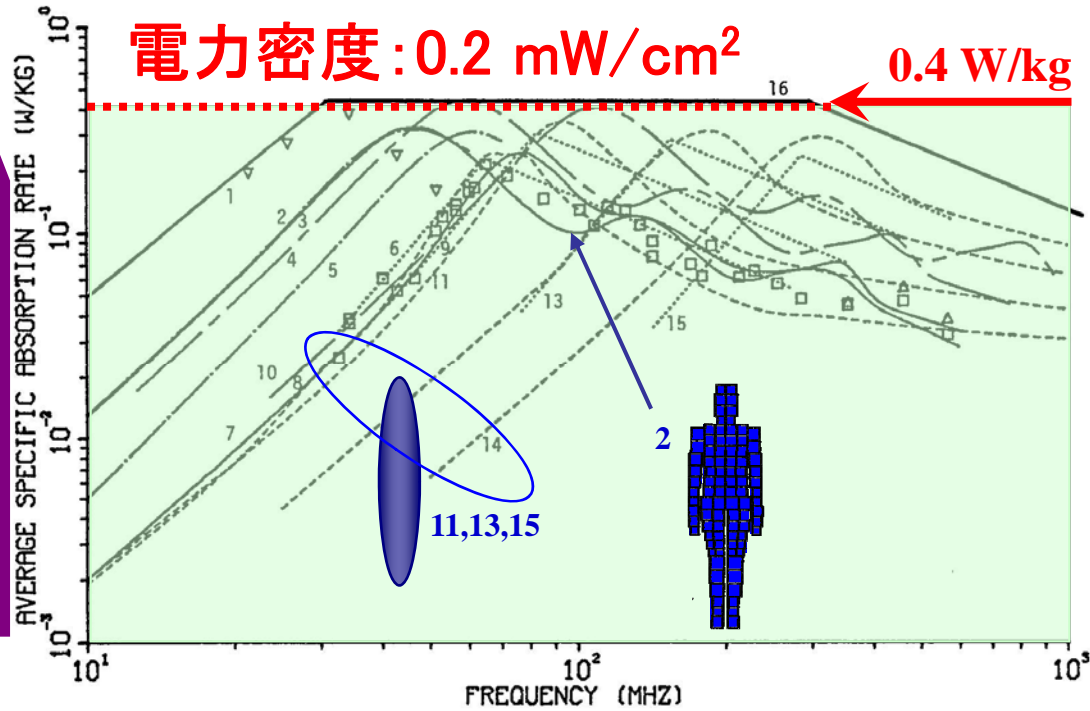
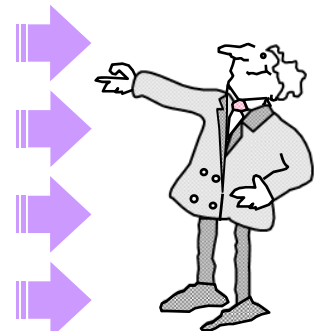
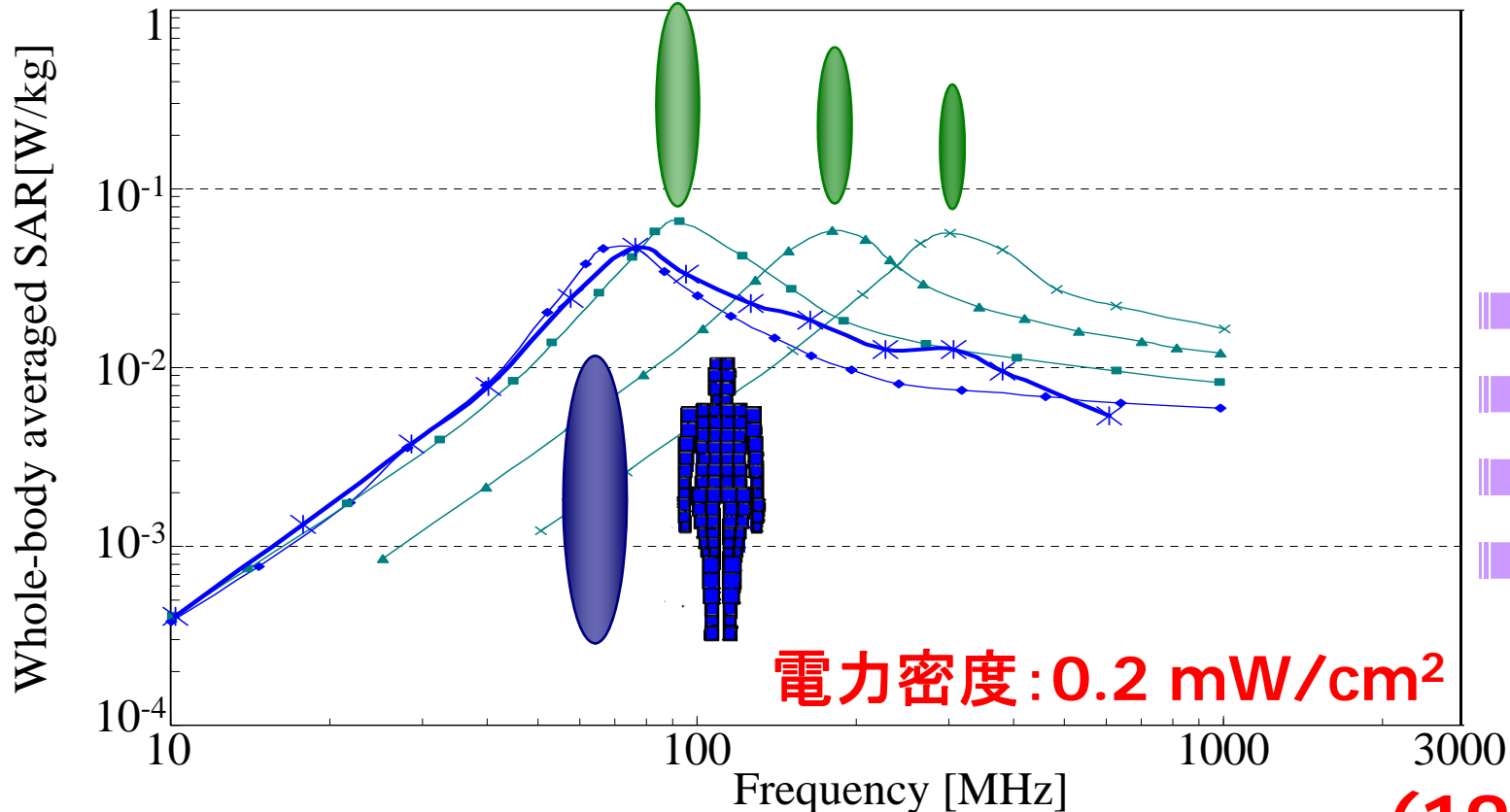


Fig. 9 Whole-body-averaged SAR for a 10-year-old child and a human infant. Power density = 1 mW/cm². The results of numerical calculations for the upper envelope (curve 16) gives the maximum SAR for any of the curves (left to right): 1. Experimental results scaled from saline phantom measurements for a 10-year-old child (from Fig. 8). 2. (solid curve) Numerical calculations with a block model of man—conductive contact with ground (from Fig. 8). 3. (chain-dot curve) Empirical—adult human in conductive contact with ground [62]. 4. (chain-dash) Scaling of curve 2 for ten-year-old child (grounded contact). 5. (chain-dot) Empirical—adult human 3 cm from ground plane [62]. 6. (dot) Empirical equation (from [61])—adult human in free space. 7. (solid) Numerical calculations for a block model of man in free space with figurine experimental data shown by open squares and phantom experimental data shown by open triangles [56], [57]. 8. (dash) Prolate spheroidal model of man in free space [62]. 9. (dot) Empirical equation [61]—ten-year-old child. 10. (chain-dash) Scaling of curve 2 for one-year-old child (grounded contact). 11. (dash) Prolate spheroidal model of ten-year-old child [62]. 12. (dash) Prolate spheroidal model of a one-year-old child [62]. 13. (dot) Empirical equation [61]—one-year-old child. 14. (dash) Prolate spheroidal model of a human infant [62]. 15. (dot) Empirical equation (from [61])—human infant.

周波数 [MHz]

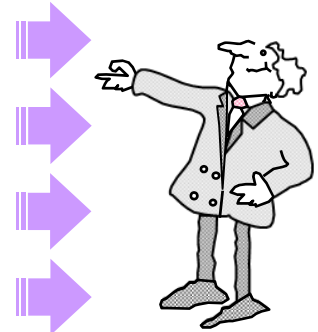
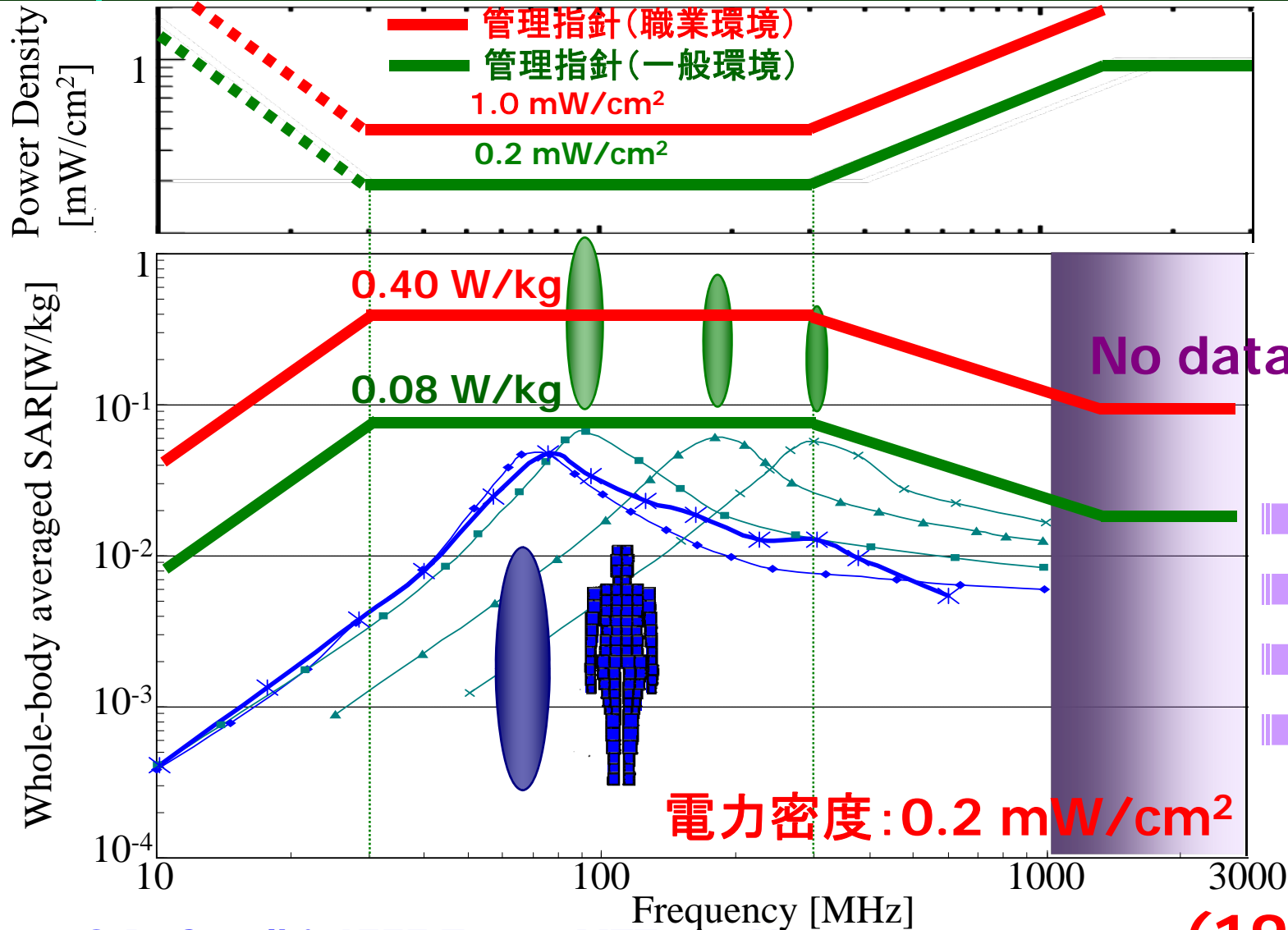
単純形状の人体全身平均SAR



O.P. Gandhi, IEEE Trans. MTT-30, No.11, pp.1831-1847 (1982)



人体全身平均SARと電力密度

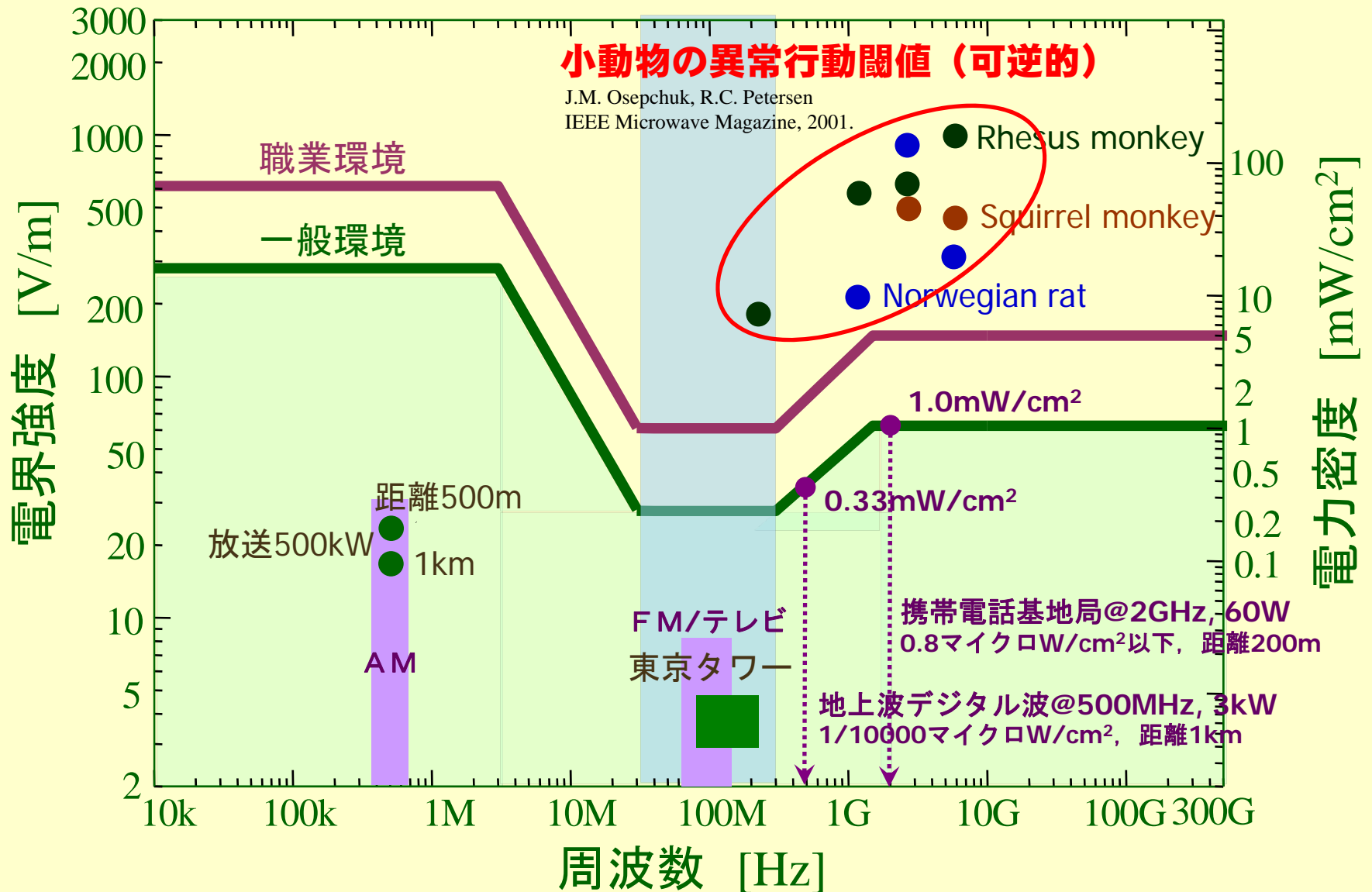




電波の人体防護基準

小動物の異常行動閾値（可逆的）

J.M. Osepchuk, R.C. Petersen
IEEE Microwave Magazine, 2001.





現在の状況と研究動向

科学技術の進歩

- MRI画像に基づく**解剖学的人体数値モデル**の開発
- 計算機シミュレーション技術の飛躍的進歩
- **人体全身平均SARの高精度計算が可能**

電波利用の動向と課題

- ユビキタス時代の到来に伴う電波利用の拡大・多様化
- 小児の電波利用も本格化する可能性
- **電波防護指針の科学的根拠の明確化**
- **小児**に対する高精度な解剖学的人体数値モデルの開発
- 様々な人体モデルに対する全身平均**SAR**の詳細計算

高精度な人体モデル



Visible model, **2000**
184.2 cm/ 106 kg/ 42

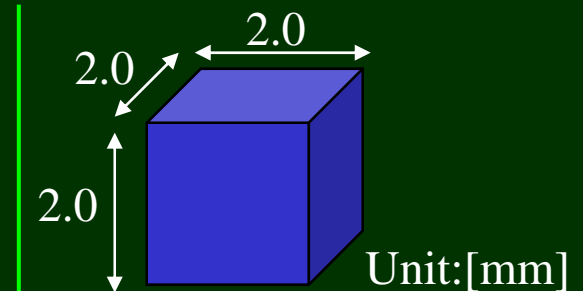


NORMAN model, **1995**
176 cm/ 73 kg/ 37



TARO model, **2002**
173 cm/ 65 kg/ 51

セルサイズ



高精度な日本人モデル

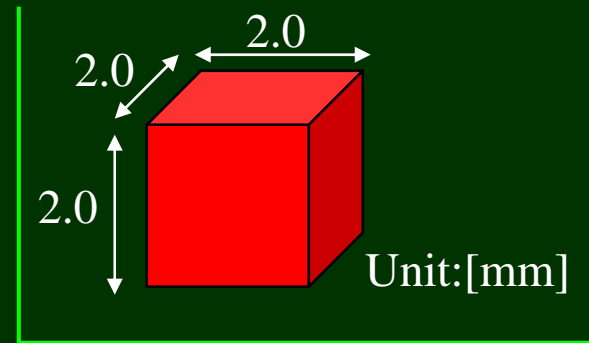
情報通信研究機構(NICT)開発
 成人:2002年 小児:2005年

生体組織数:51種類



	years	Height[cm]	Weight[kg]
男性	22	173	65
女性	22	161	53
	7	120	23
	5	105	17
	3	90	13

セルサイズ



22歳

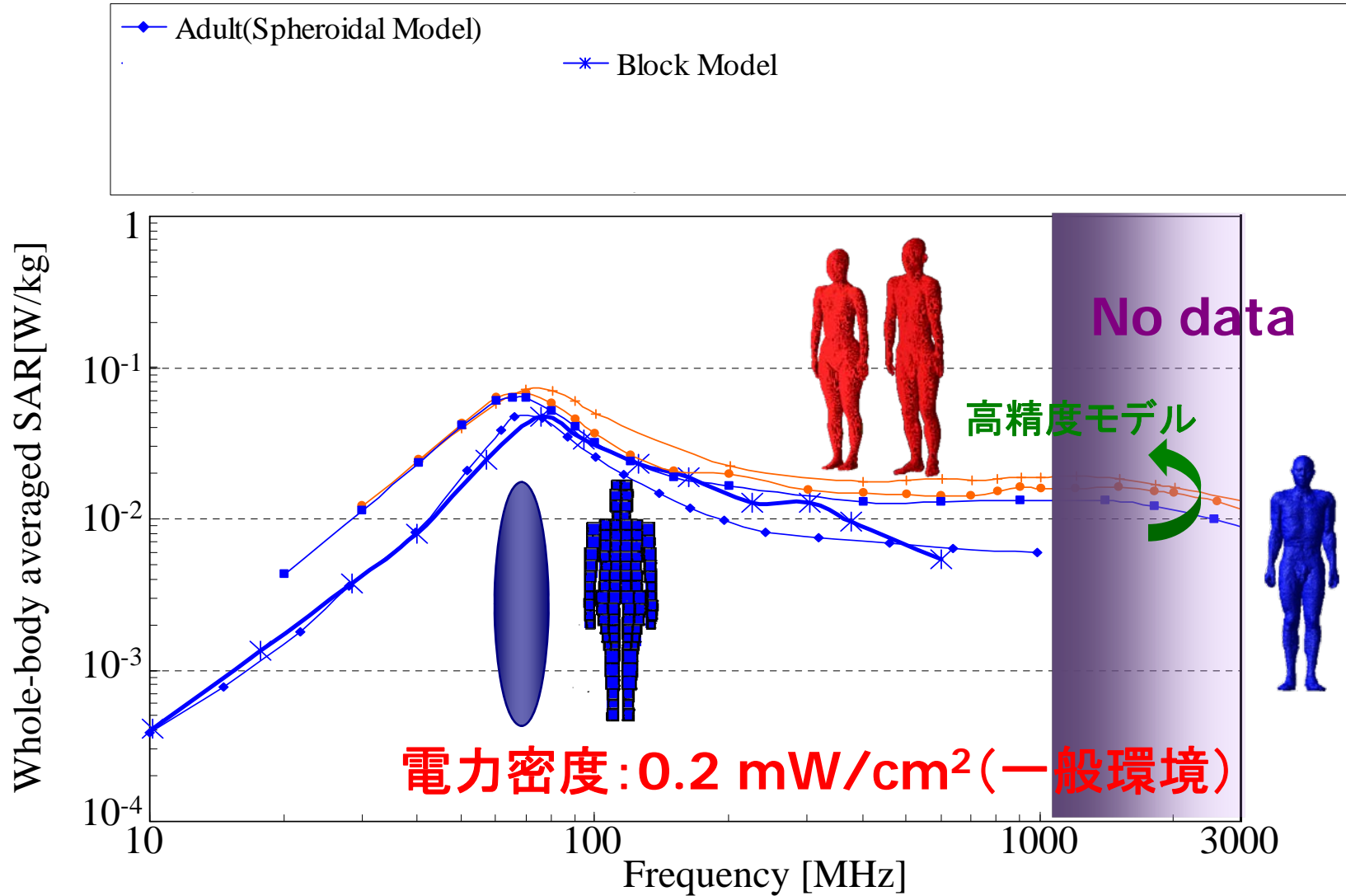
22歳

7歳

5歳

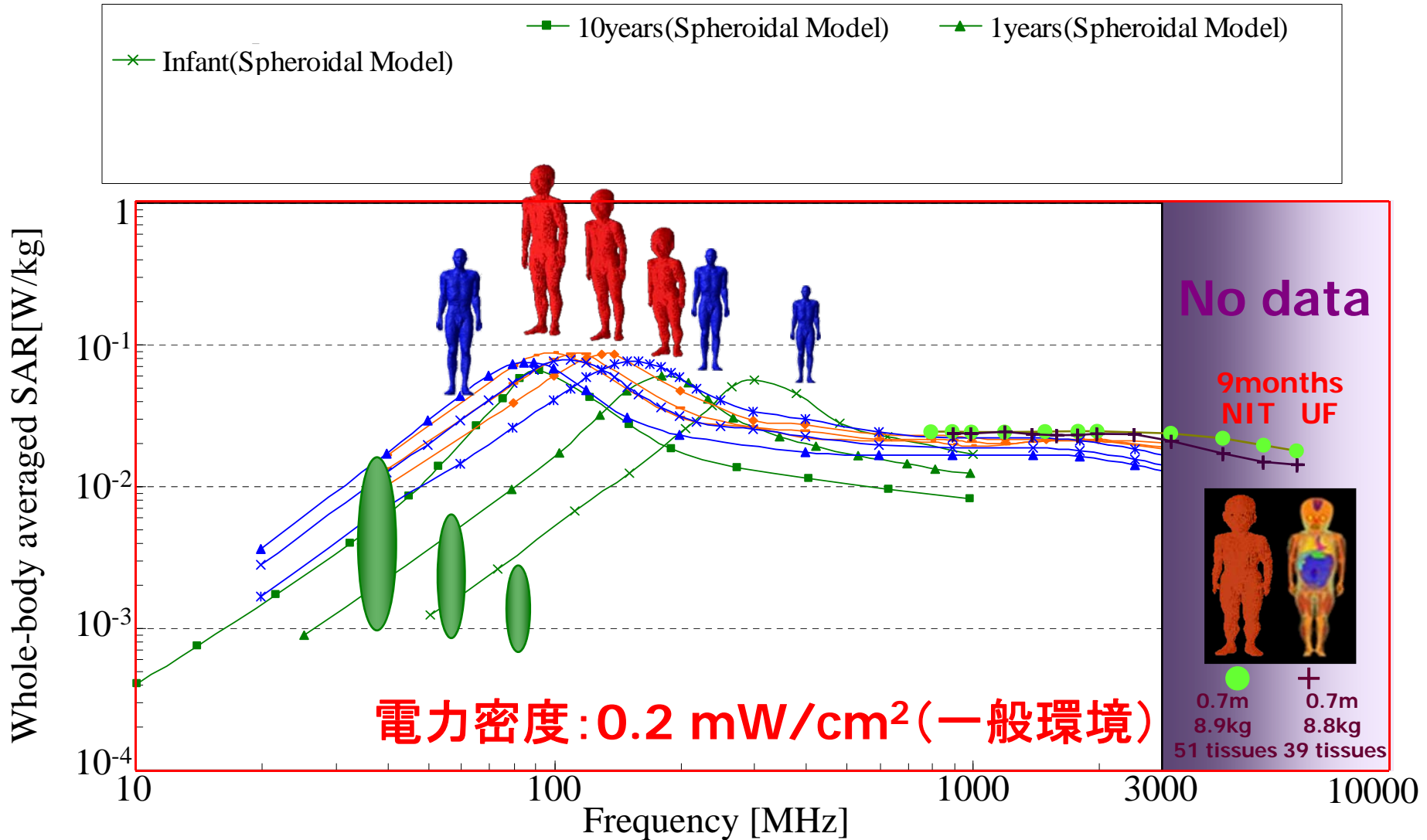
3歳

成人モデルの全身平均SAR

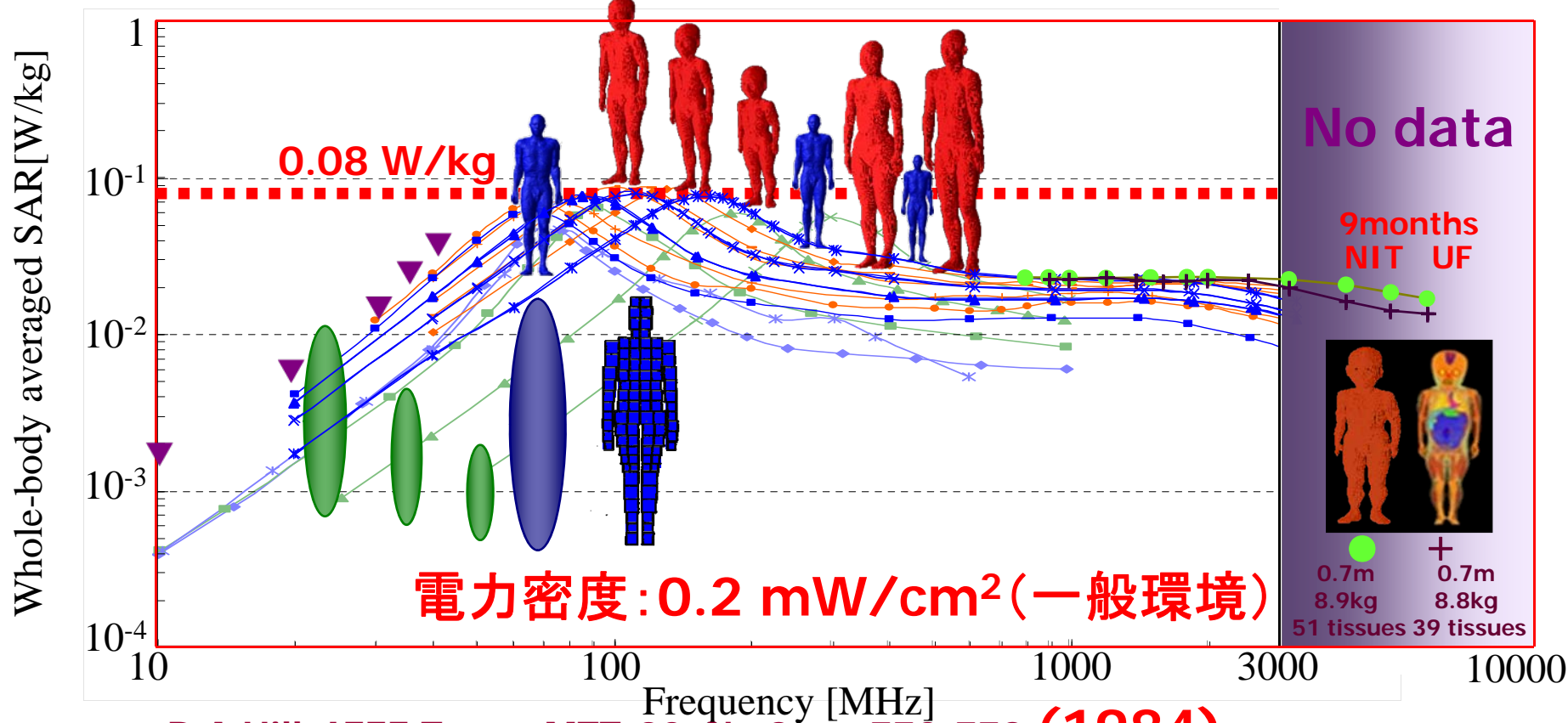




小児モデルの全身平均SAR



- ◆ Adult(Spheroidal Model)
- 10years(Spheroidal Model)
- ▲ 1years(Spheroidal Model)
- ✕ Infant(Spheroidal Model)
- ✧ Block Model
- 22years(Japan Male)
- + 22years(Japan Female)
- 7years(Japan Male)
- 5years(Japan Male)
- ◆ 3years(Japan Male)
- NORMAN
- ▲ 10years(Reduced NORMAN)
- ✕ 5years(Reduced NORMAN)
- ✧ 1years(Reduced NORMAN)



D.A.Hill, IEEE Trans. MTT-32, No.8, pp.772-778 (1984)



むすび

- MRI画像をベースに作成された日本人の成人／小児モデルに対する計算結果は、30年前に得られた計算知見との差は大きくはない(20～30%)
- 現在の電波防護指針は、高精度な小児／成人モデルを用いた大規模計算の結果と概ね整合
- 電波利用の拡大・多様化で種種の体型・体勢の小児に対するGHz帯の全身／局所曝露に対するSAR計算が必要（2006年WHO優先的研究課題）
- GHz帯の全身／局所曝露に対するSAR計算の実験的検証が必要



ご静聴ありがとうございました！

