

身の周りの電波とその安全性

**日時 平成27年10月8日（木）
15：30～16：10**

**場所 公立学校共済組合高知宿泊所
高知会館**

平田 晃正（名古屋工業大学）

- ✓電波と埋め込み機器
- ✓電磁波と生体影響
- ✓基準根拠の明確化（全身ばく露）
- ✓基準根拠の明確化（局所ばく露）
- ✓リスク（熱負荷の相対リスク）

電磁界による影響

機械的な誤作動

ペースメーカー 各種機器

生体への作用

刺激作用

誘導される電流により、刺激を感じる

熱作用

生体の温度を上昇させる作用

非熱作用

発熱を伴わない作用

遺伝子、タンパク質、細胞、組織が影響を受け、健康影響に結びつく？

キーワード

電磁(電波)環境

エンサイクロペディア，電子情報通信ハンドブック，オウム社，2000年

Electromagnetic Environment

空間に存在する電磁現象のすべてをいう。

雷・地震等の自然現象を発生源とする電磁界と電気電子機器・装置や人間も含めた人工システムを発生源とする電磁界，電力線や通信線などに誘導されて伝搬する電磁界から構成される。

電磁障害/EMI

EMI: Electromagnetic Interference

電磁妨害によって引き起こされる装置，伝送チャネルまたはシステムの性能低下を云う。

電磁耐性/イミュニティ

Immunity

電磁妨害の存在する環境で機器・装置またはシステムが性能を劣化させずに動作することのできる能力を云う。

頻度

EMI
対策

EMI
妨害

機器

イミューニティ
向上

Immunity
耐性

ヒト

ペースメーカー

Immunity
免疫

電磁妨害のレベル

数百 $\mu\text{V}/\text{m}$ ~ 数 mV/m

数 V/m ~ 数十 V/m

EMFばく露評価

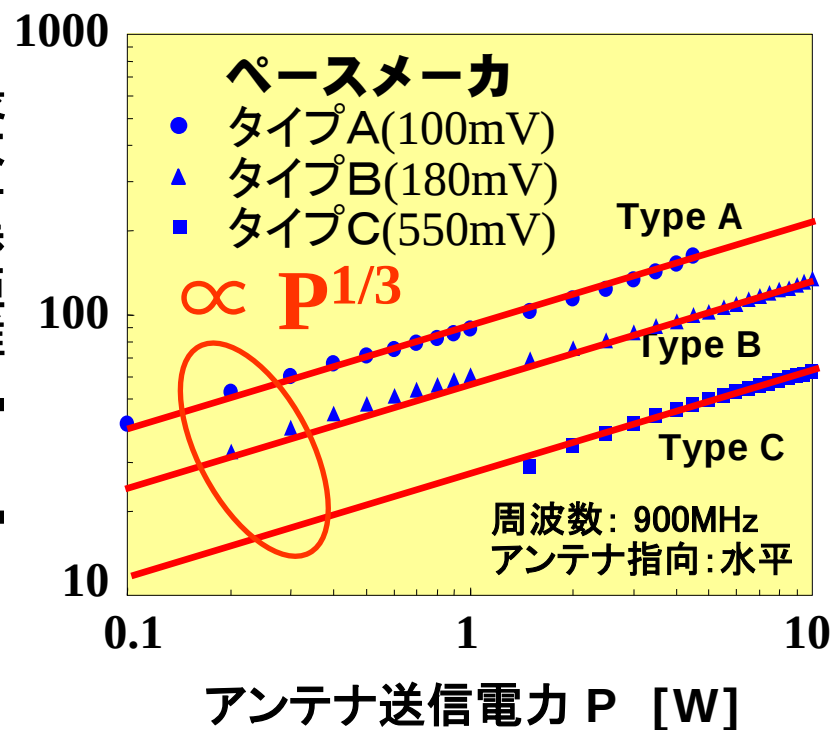
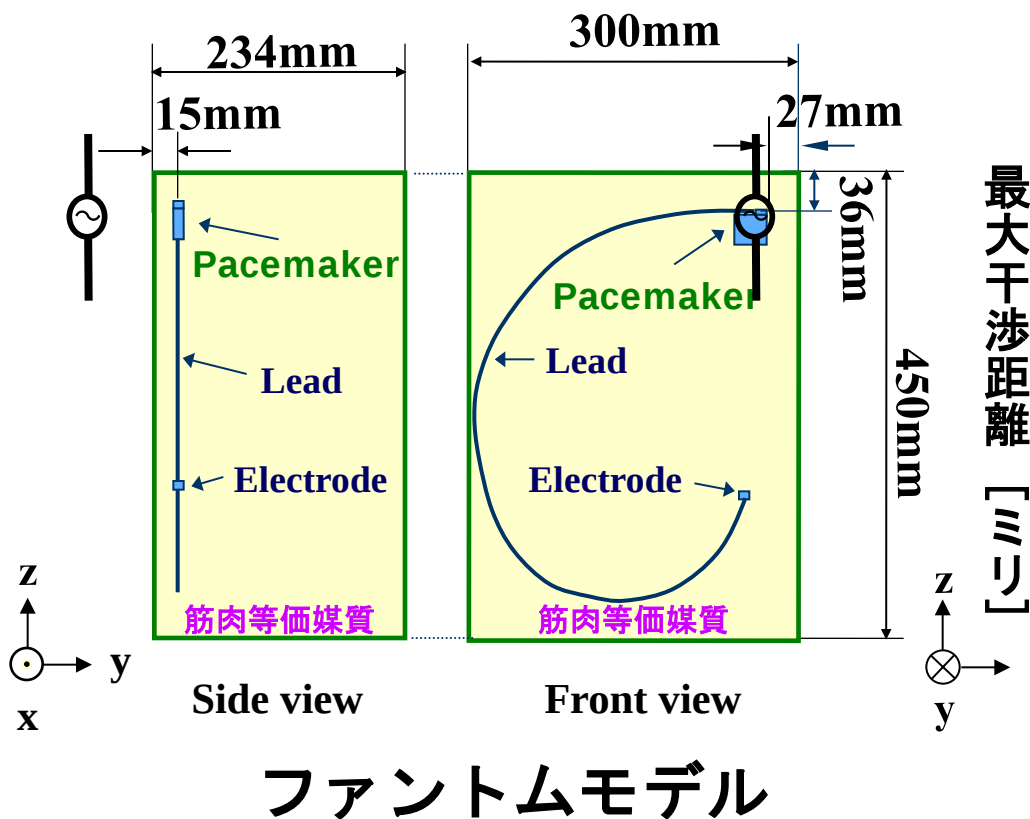
数百 V/m ~

千倍以上

十万倍以上！

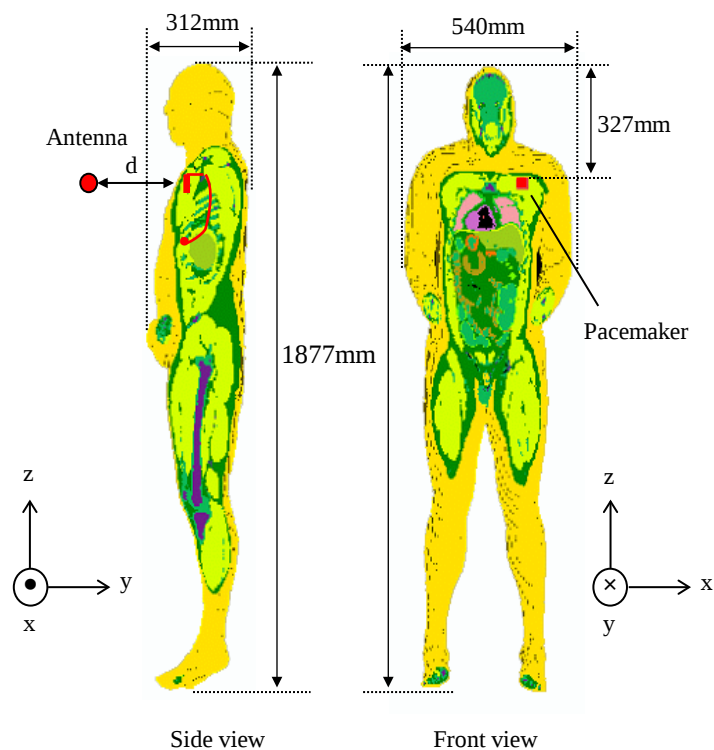
携帯端末による電子機器への電磁干渉解析

Irnich, et.al: PACE,
Vol.19, pp.488-497, **1996**

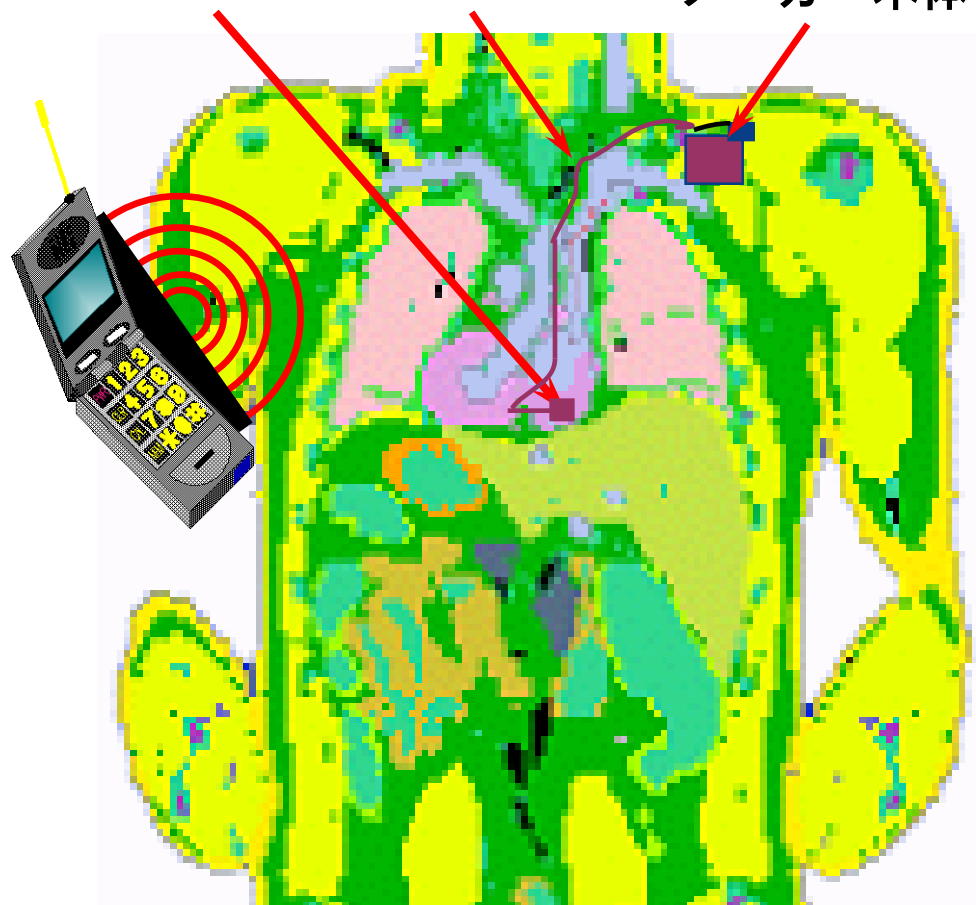


携帯端末による電子機器への電磁干渉解析 - 続き

大島健史・高橋恵理・王建青・藤原修：
信学論，Vol. J85-B，No. 12，**2002年12月**

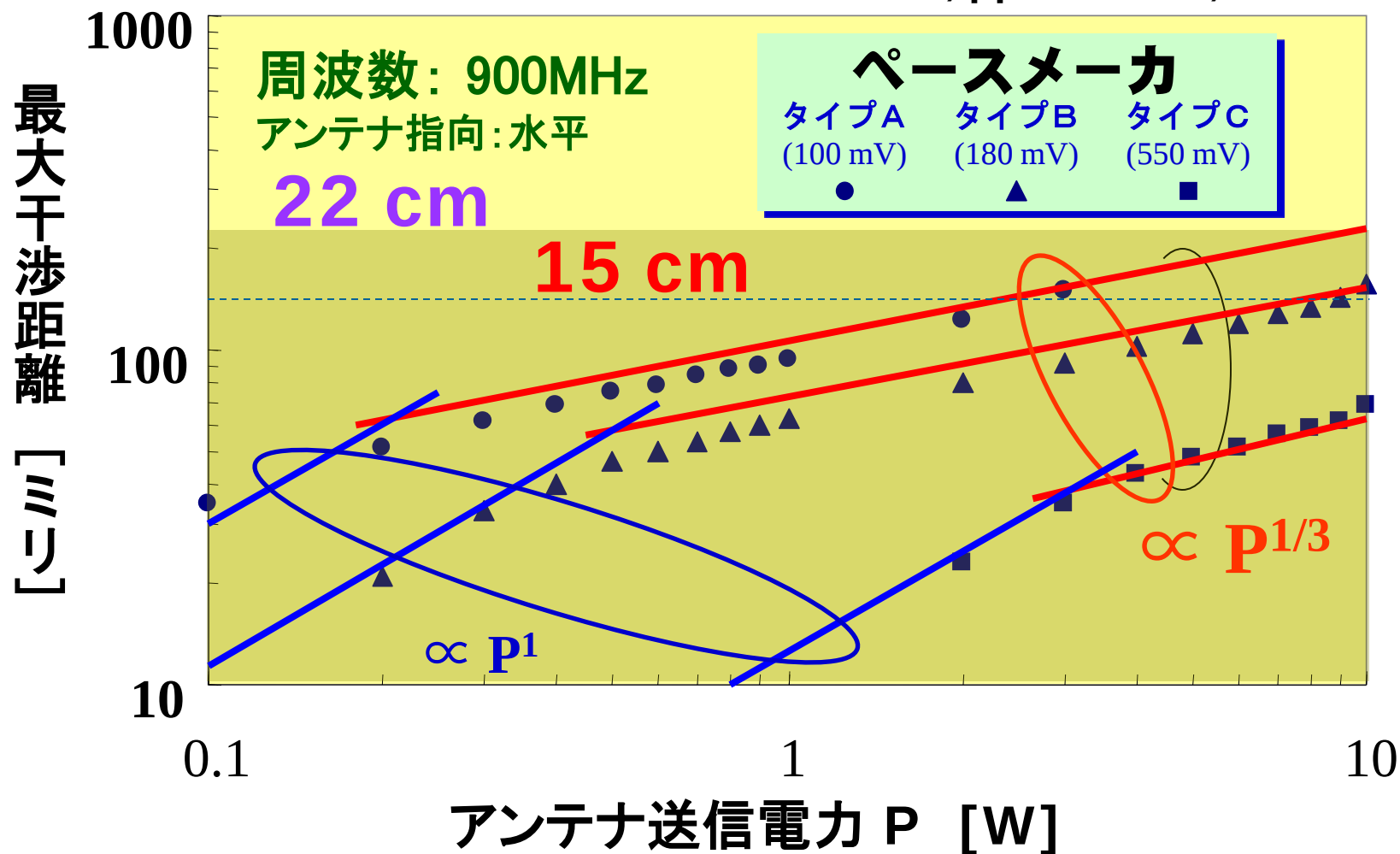


電極 リードワイヤ 心臓ペース
メーカー本体



解析例

Irnich, et.al: PACE,
Vol.19, pp.488-497, 1996



我が国の指針について

第2世代(PDC)携帯電話の運用停止

PM / ICDの国際安全規格（ISO14708等）

→ 指針の見直し

新指針として**15cm**（平成24年度総務省報告書）

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban16_03000187.html

身の周りの電波とその安全性

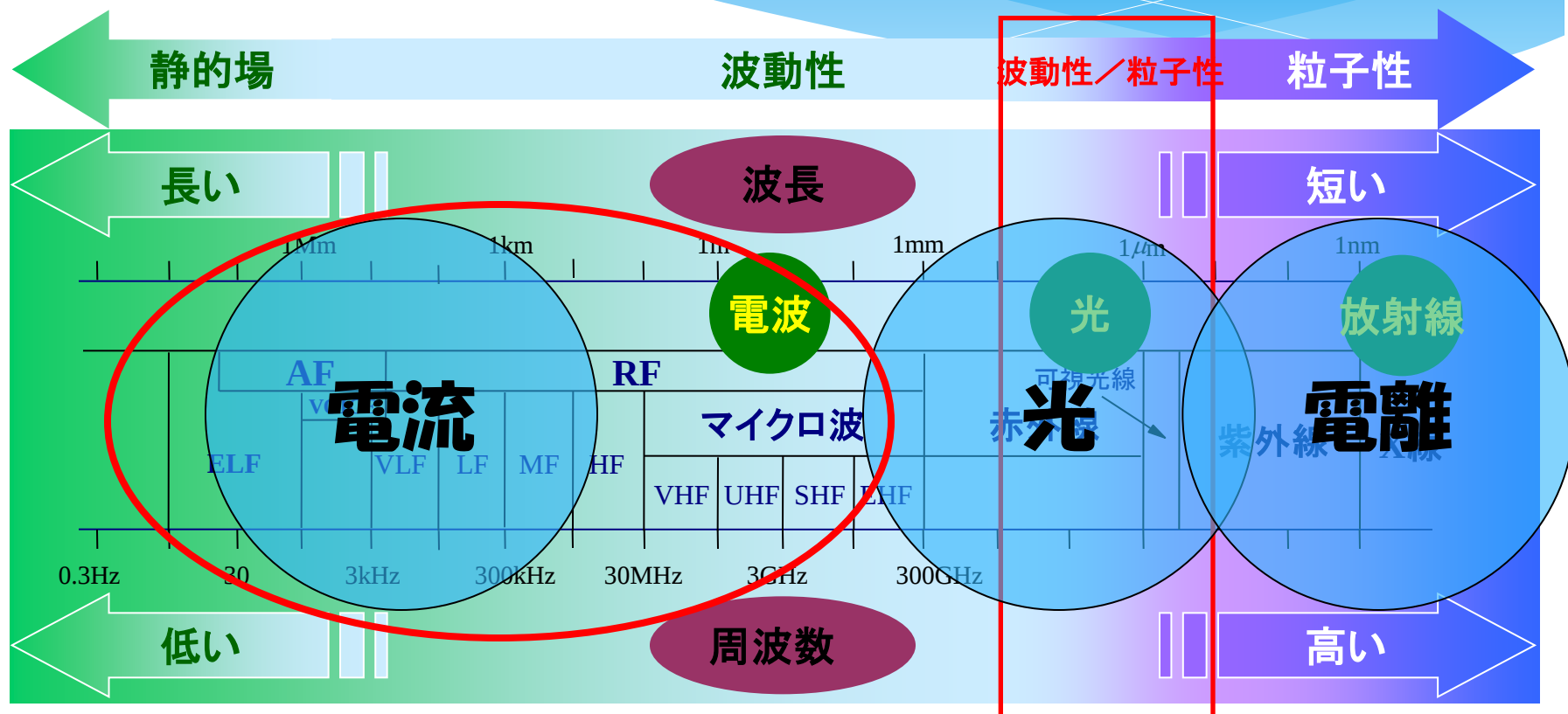
**日時 平成27年10月8日（木）
15：30～16：10**

**場所 公立学校共済組合高知宿泊所
高知会館**

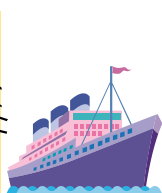
平田 晃正（名古屋工業大学）

- ✓電波と埋め込み機器
- ✓電磁波と生体影響
- ✓基準根拠の明確化（全身ばく露）
- ✓基準根拠の明確化（局所ばく露）
- ✓リスク（熱負荷の相対リスク）

電磁波の特徴と性質



送電線



船舶ビーコン



消防無線



中波ラジオ



テレビ



パソコン



携帯電話



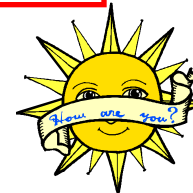
電子レンジ



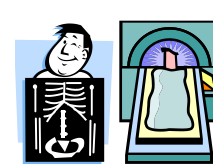
衛星放送



レーダー

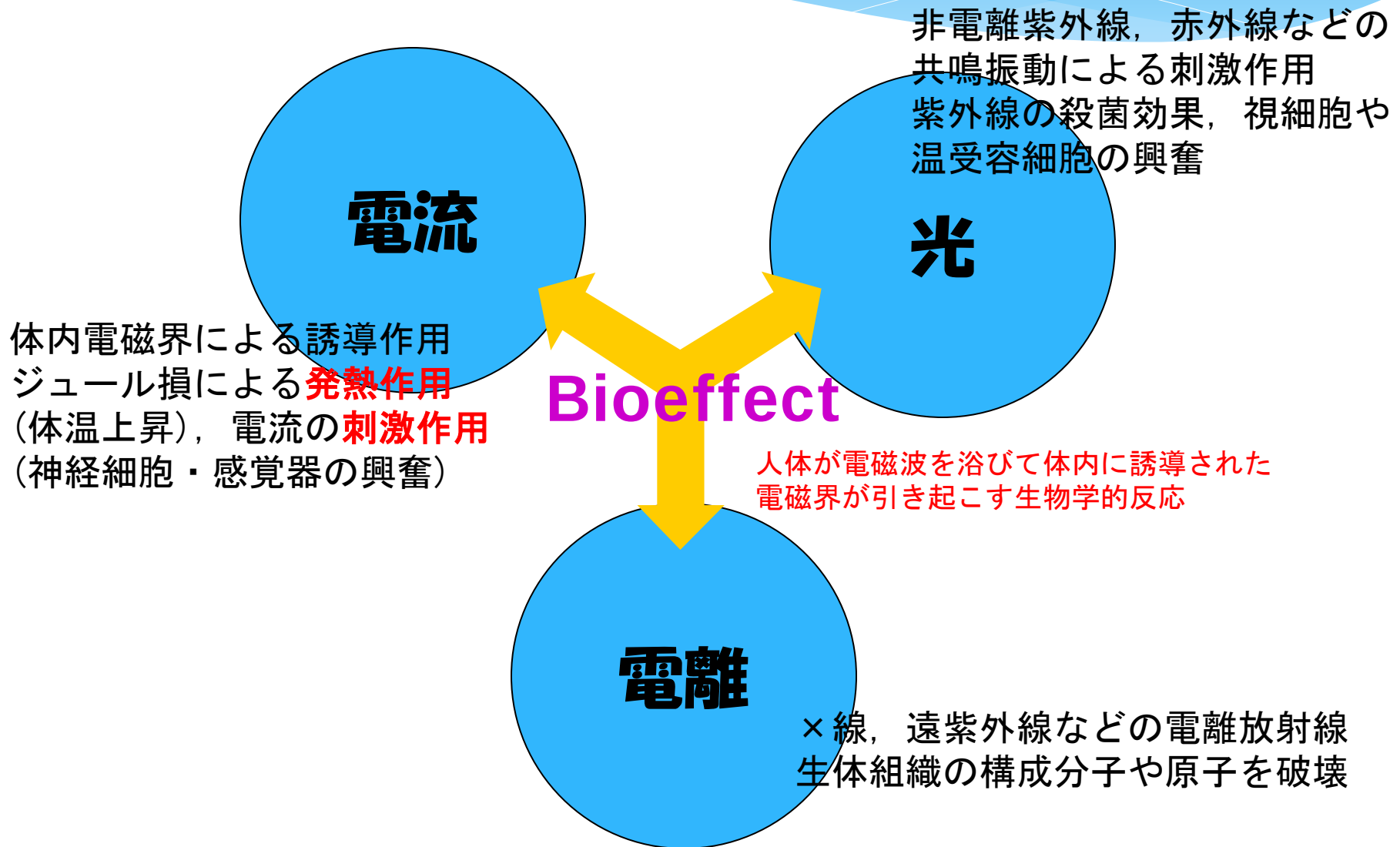


太陽



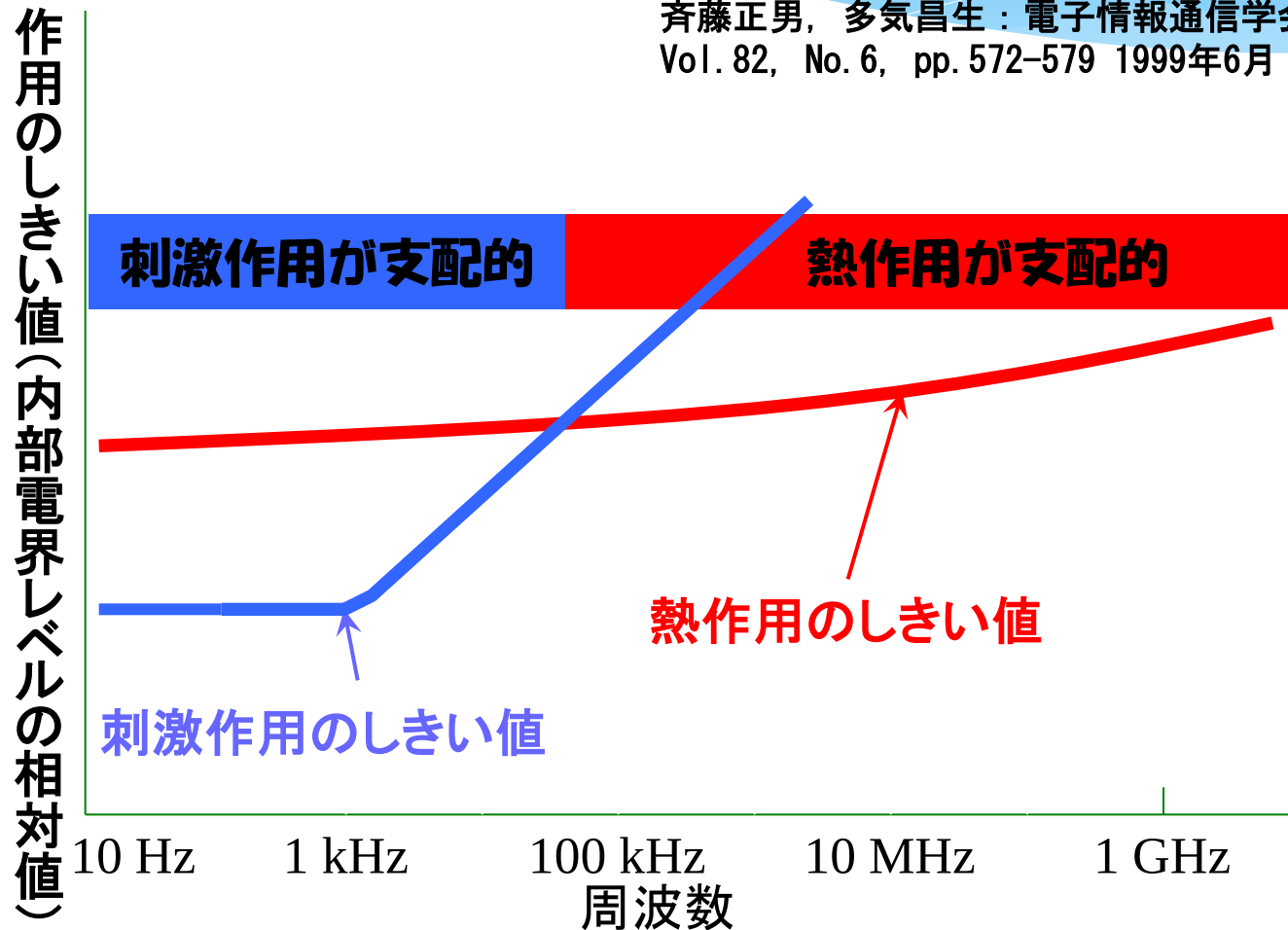
レントゲン

電磁波の生体影響



電磁界の生体作用の分類

齊藤正男, 多気昌生: 電子情報通信学会誌,
Vol. 82, No. 6, pp. 572-579 1999年6月



電磁界の生体作用のしきい値 低周波では**刺激作用**が、
高周波では**熱作用**が支配的で、その境は数十kHzである。

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

局所平均SAR

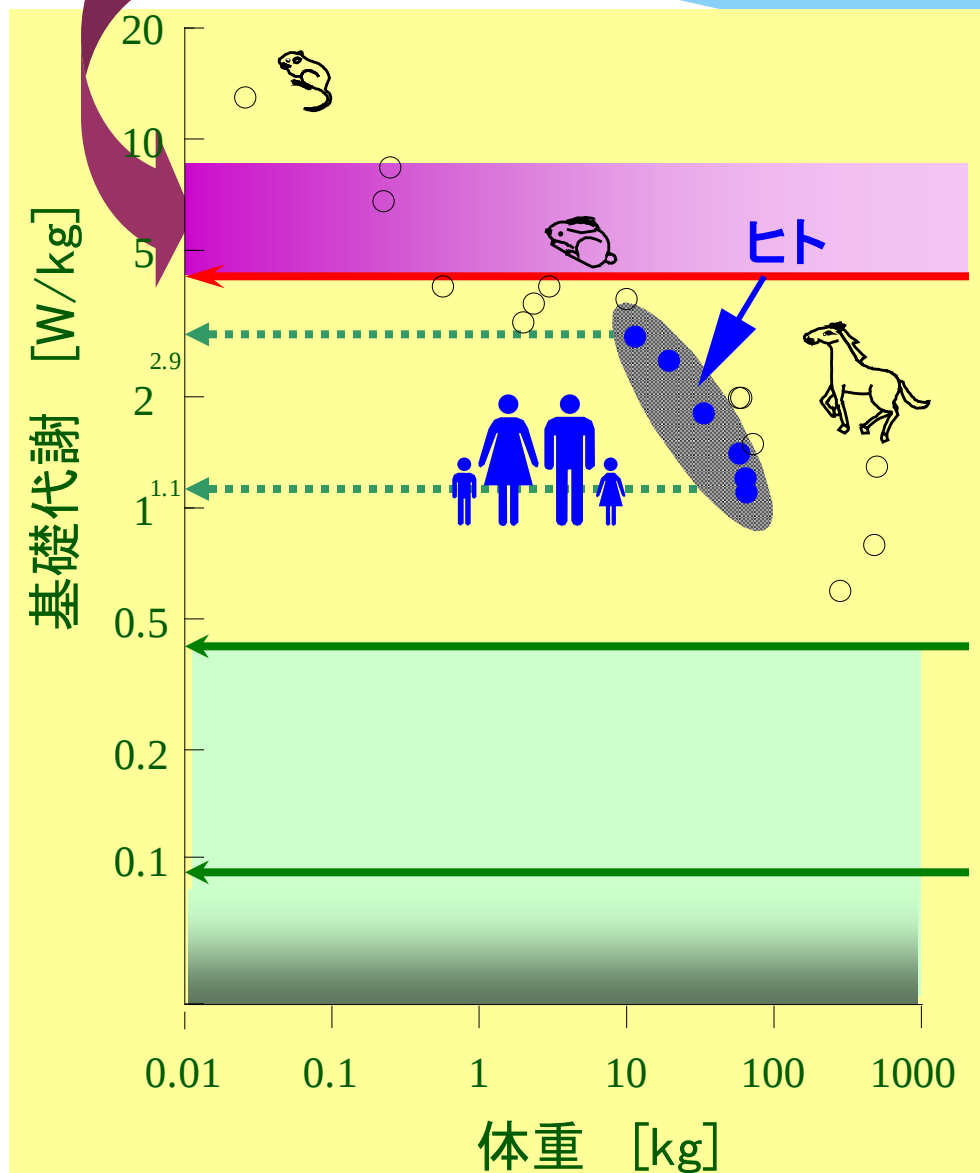
成人男子のエネルギー所要量

2,000～2,500 [kcal/日]
97～122 [W]

1.40～1.74[W/kg]



動物実験による電波の影響範囲（可逆的）



4W/kg

10倍

0.4W/kg : 管理

世界標準

0.08W/kg : 一般

50倍

身の周りの電波とその安全性

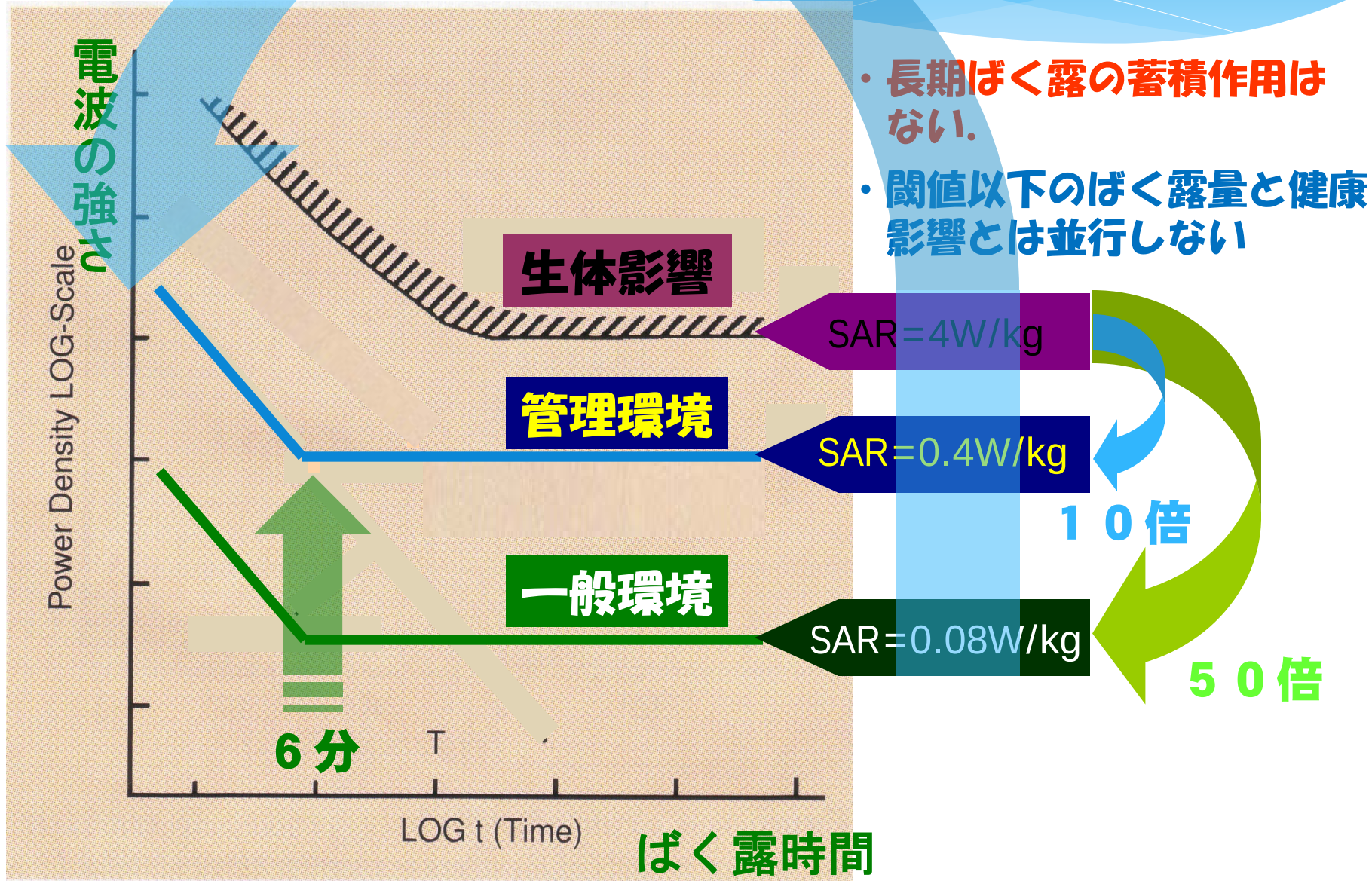
**日時 平成27年10月8日（木）
15：30～16：10**

**場所 公立学校共済組合高知宿泊所
高知会館**

平田 晃正（名古屋工業大学）

- ✓電波と埋め込み機器
- ✓電磁波と生体影響
- ✓基準根拠の明確化（全身ばく露）
- ✓基準根拠の明確化（局所ばく露）
- ✓リスク（熱負荷の相対リスク）

安全基準の考え方



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



22歳

22歳

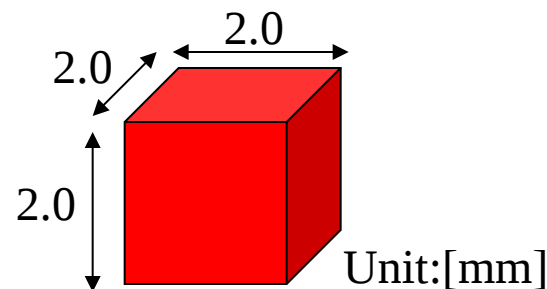
7歳

5歳

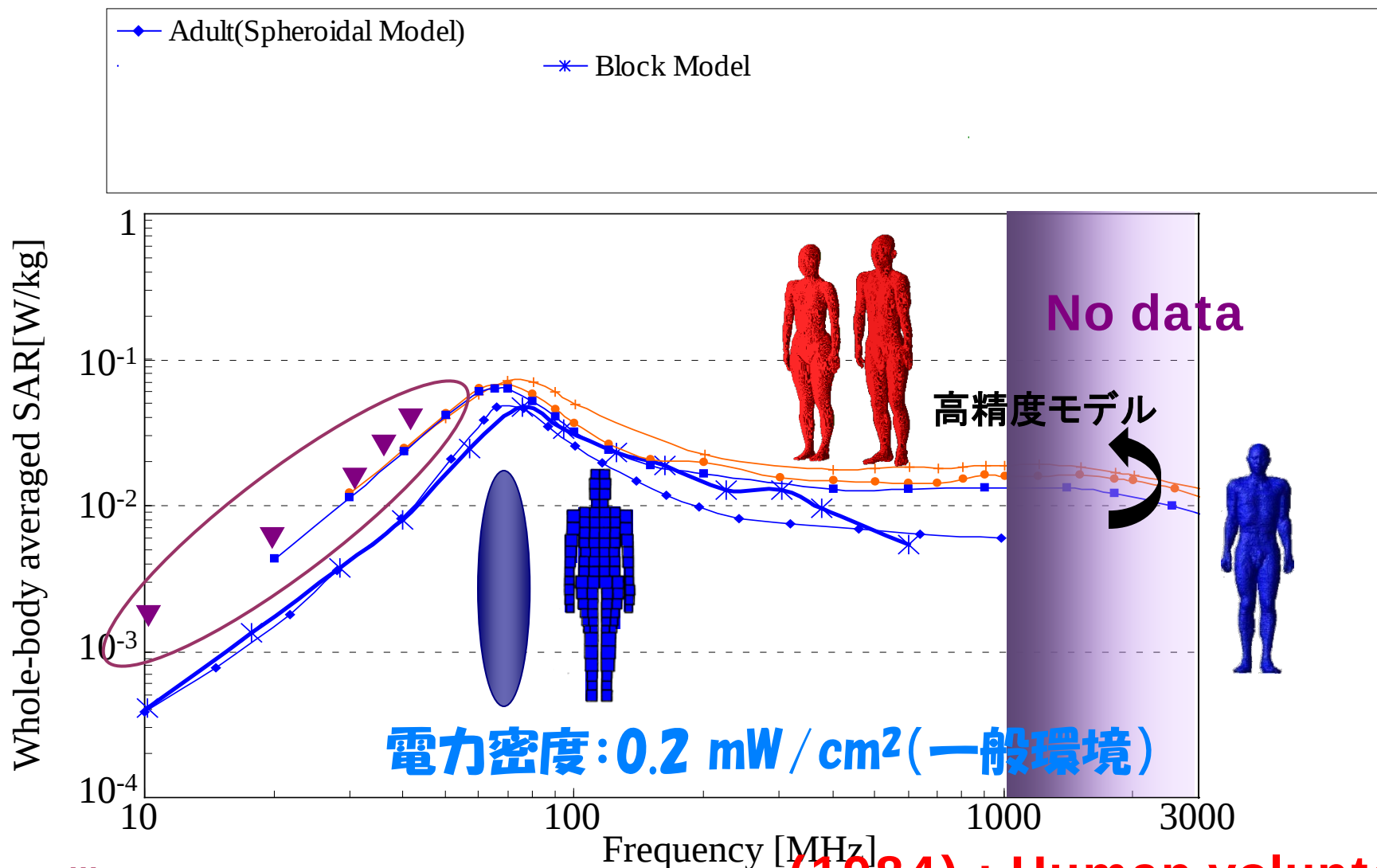
3歳

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

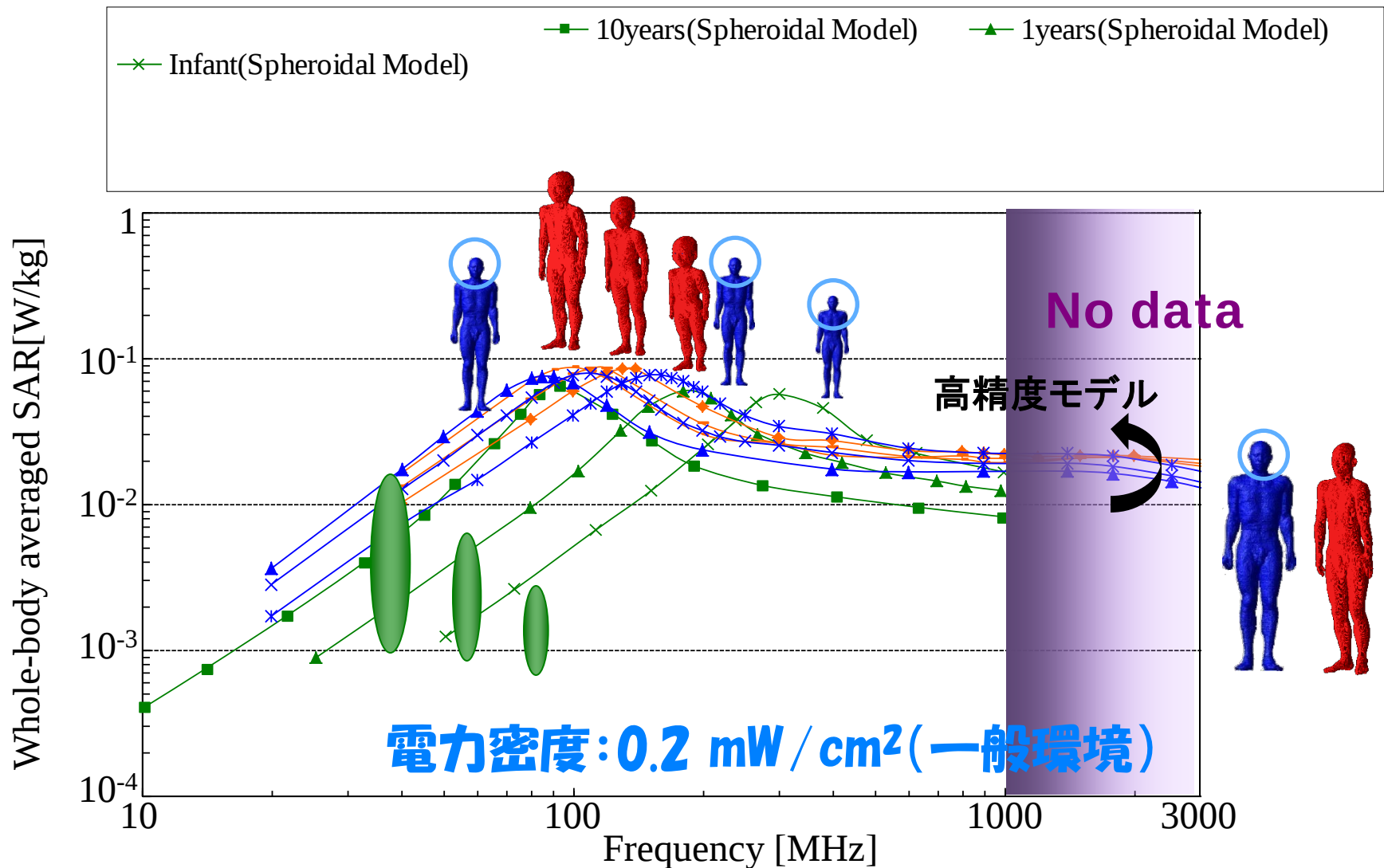
セルサイズ



成人モデルの全身平均SAR

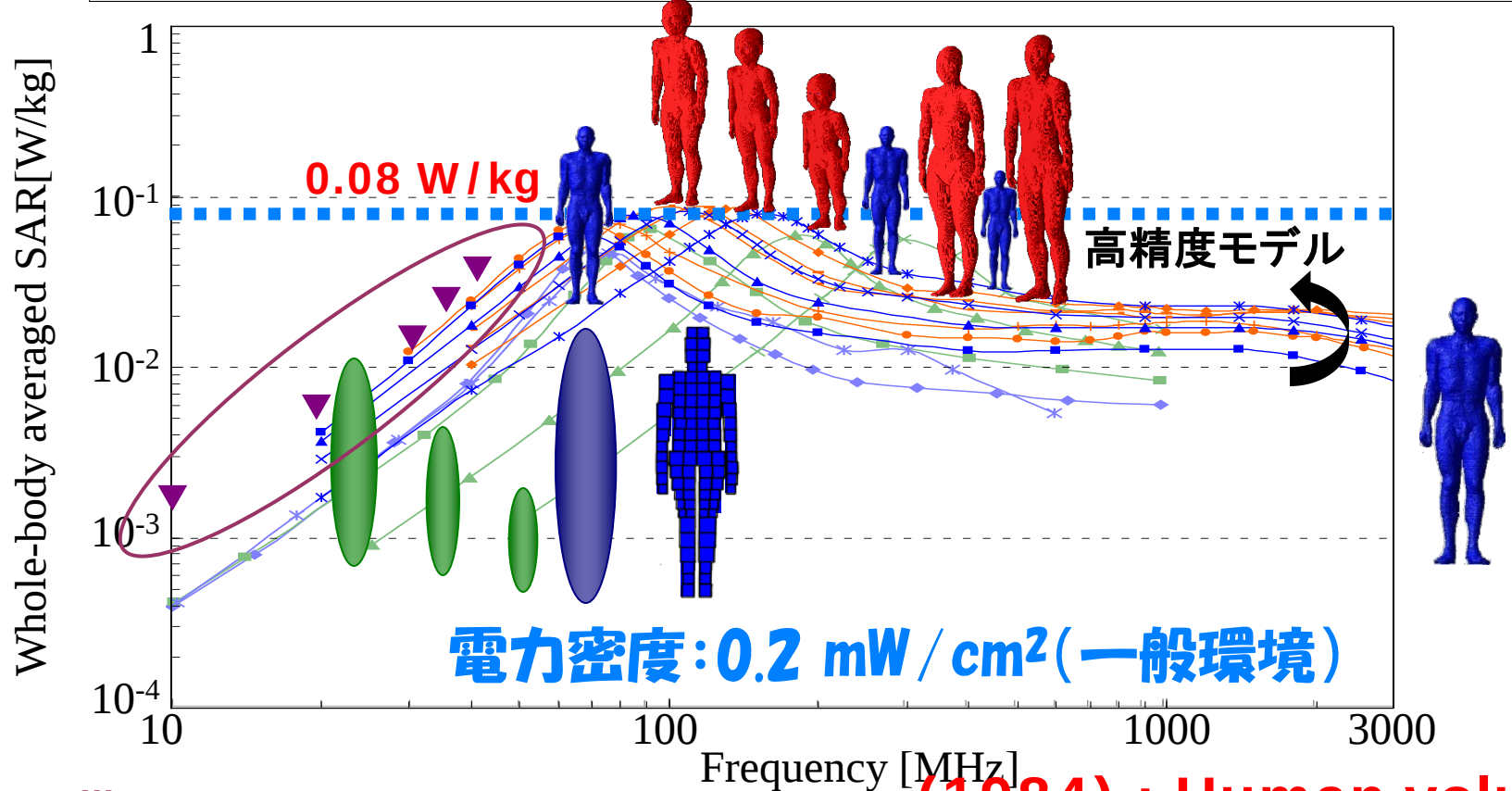


小児モデルの全身平均SAR





- | | | |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ◆ 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) | |

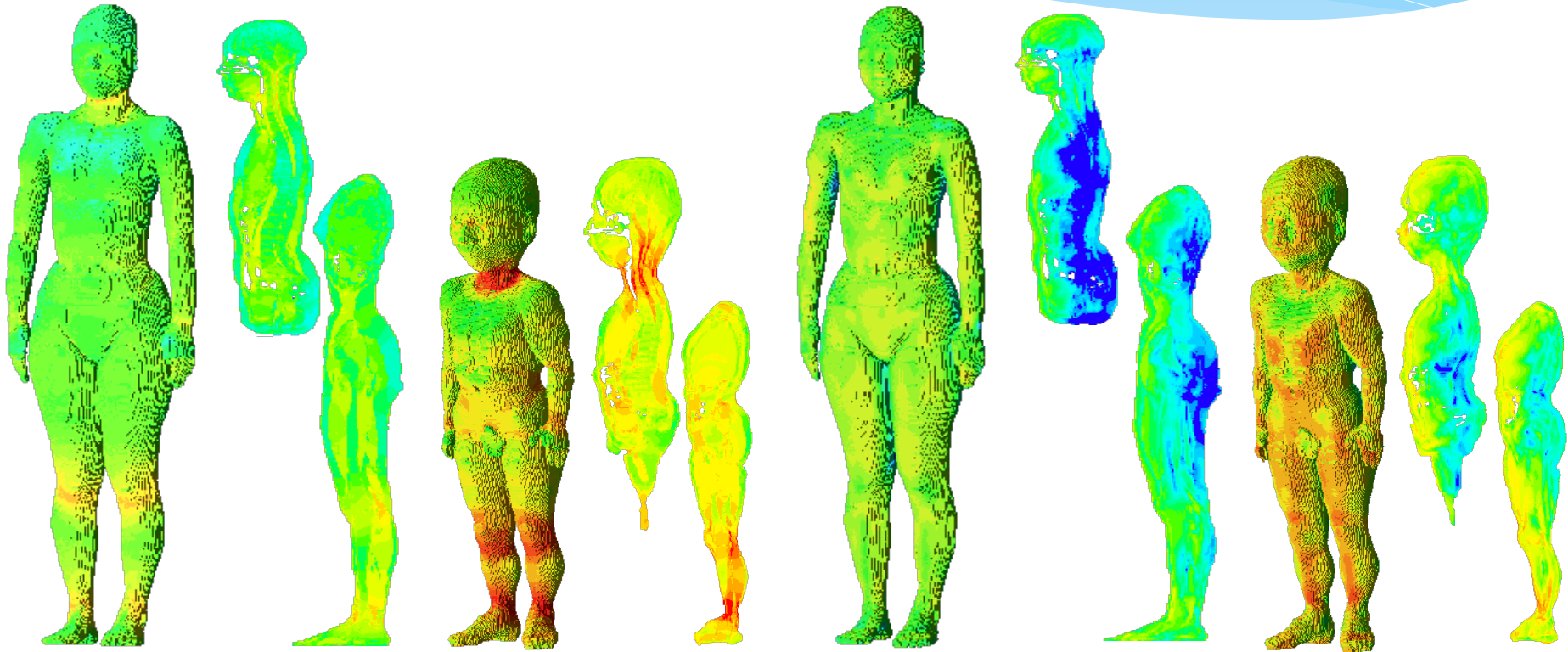


SARの体表・体内分布

2ⁿ[W/kg] n = 5
[W/kg](32.0)

n = -10
(9.8 × 10⁻⁴)

全身平均SAR : 0.08W/kg



Female
70 MHz

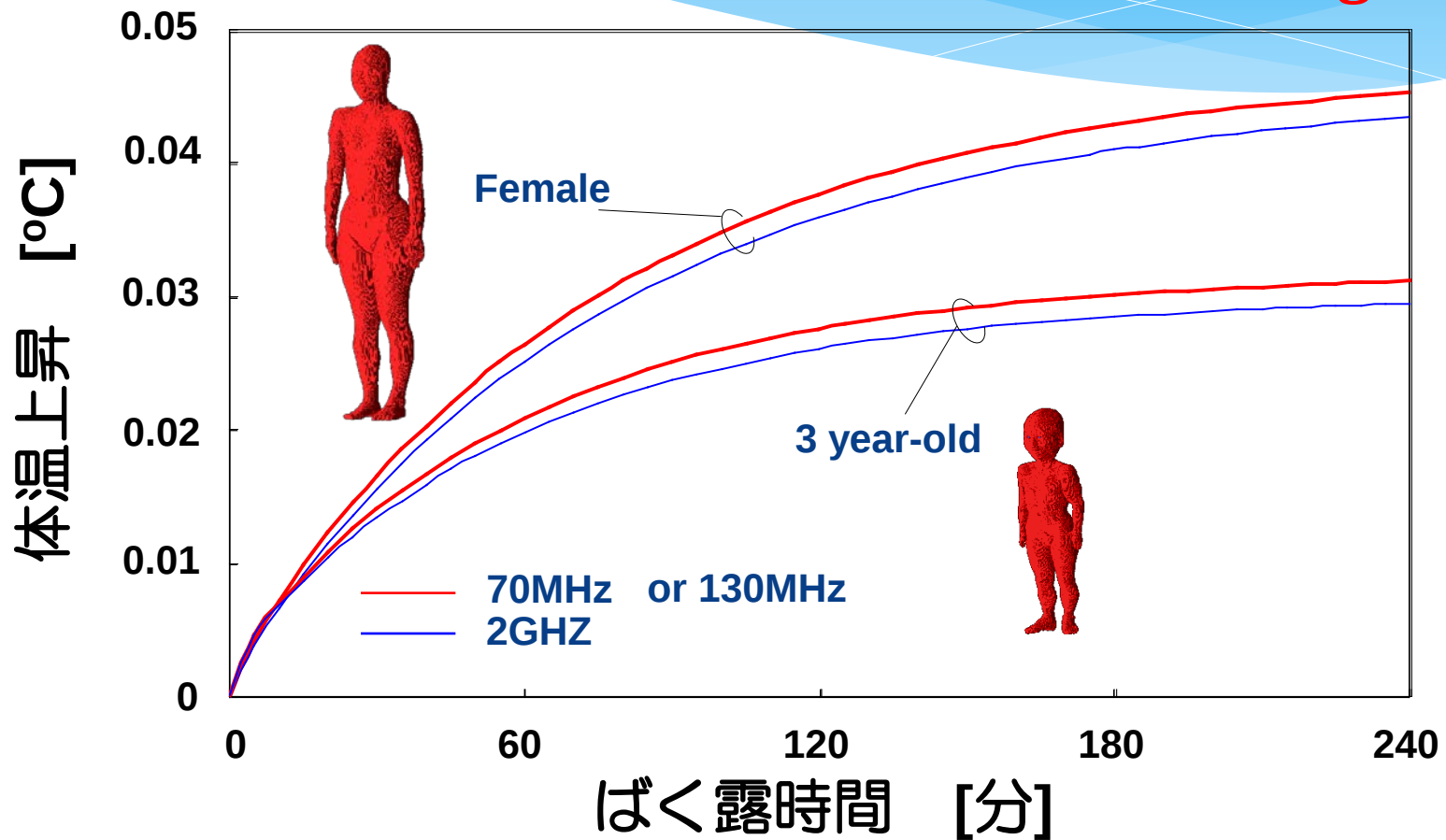
3years
130 MHz

Female
2.0 GHz

3years
2.0 GHz

体内深部温度（体温）上昇

全身平均SAR : 0.08W/kg



身の周りの電波とその安全性

**日時 平成27年10月8日（木）
15：30～16：10**

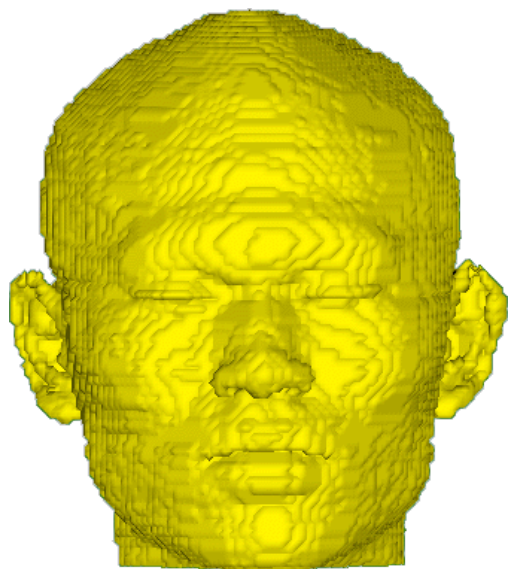
**場所 公立学校共済組合高知宿泊所
高知会館**

平田 晃正（名古屋工業大学）

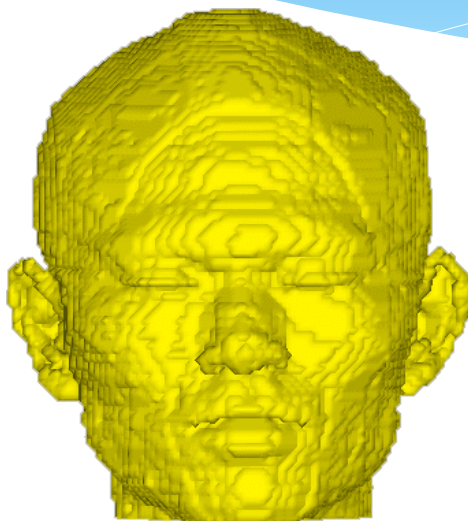
- ✓電波と埋め込み機器
- ✓電磁波と生体影響
- ✓基準根拠の明確化（全身ばく露）
- ✓基準根拠の明確化（局所ばく露）
- ✓リスク（熱負荷の相対リスク）

局所SARの規格・指針（一般）

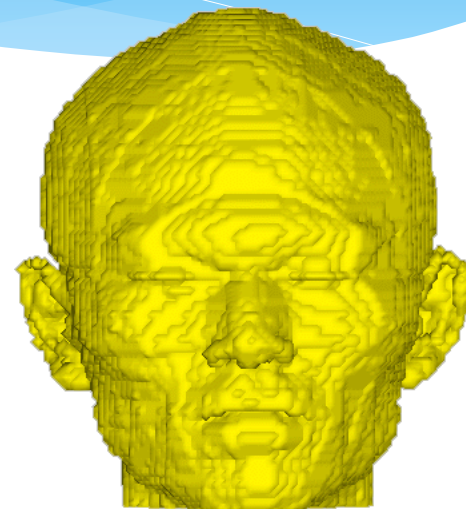
	総務省諮問 第2030号答申	ICNIRP	FCC FCC92-326	IEEE C95.1-2005
公表	2011	1998	1996	2005
周波数	100kHz – 6GHz	100kHz – 10GHz	100kHz – 6GHz	100kHz – 3 GHz
局所平均 SAR	2 W/kg@10g 4 W/kg@四肢10g	2 W/kg@10g 4 W/kg@四肢10g	1.6 W/kg@1g 4 W/kg@四肢1g	2 W/kg@10g 4 W/kg@四肢10g
全身平均 SAR	0.08 W/kg	0.08 W/kg	0.08 W/kg	0.08 W/kg
規定時間	6分	6分	30分	6分
平均組織	任意	同質組織	立方体	立方体



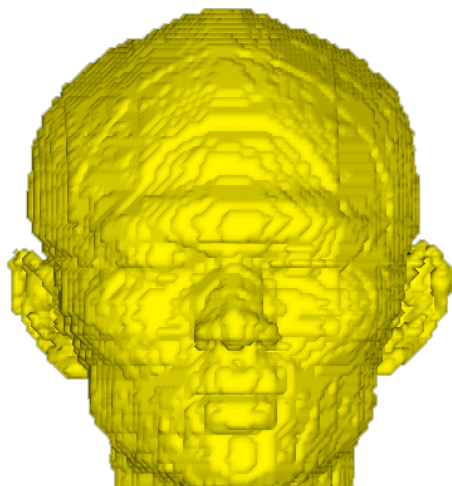
23-year-old head



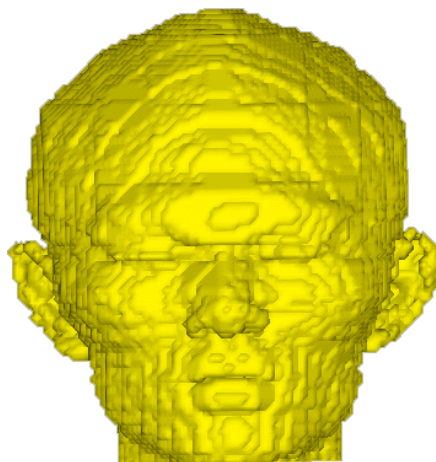
12-year-old head



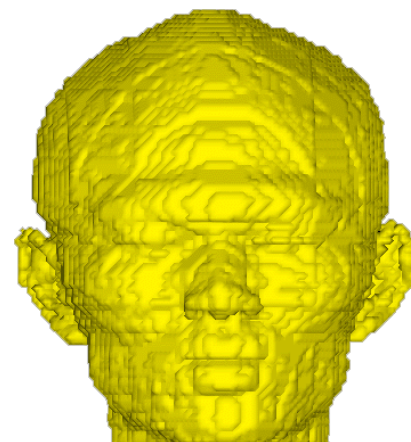
10-year-old head



7-year-old head



5-year-old head



3-year-old head

局所10グラムSARの最大値

周波数

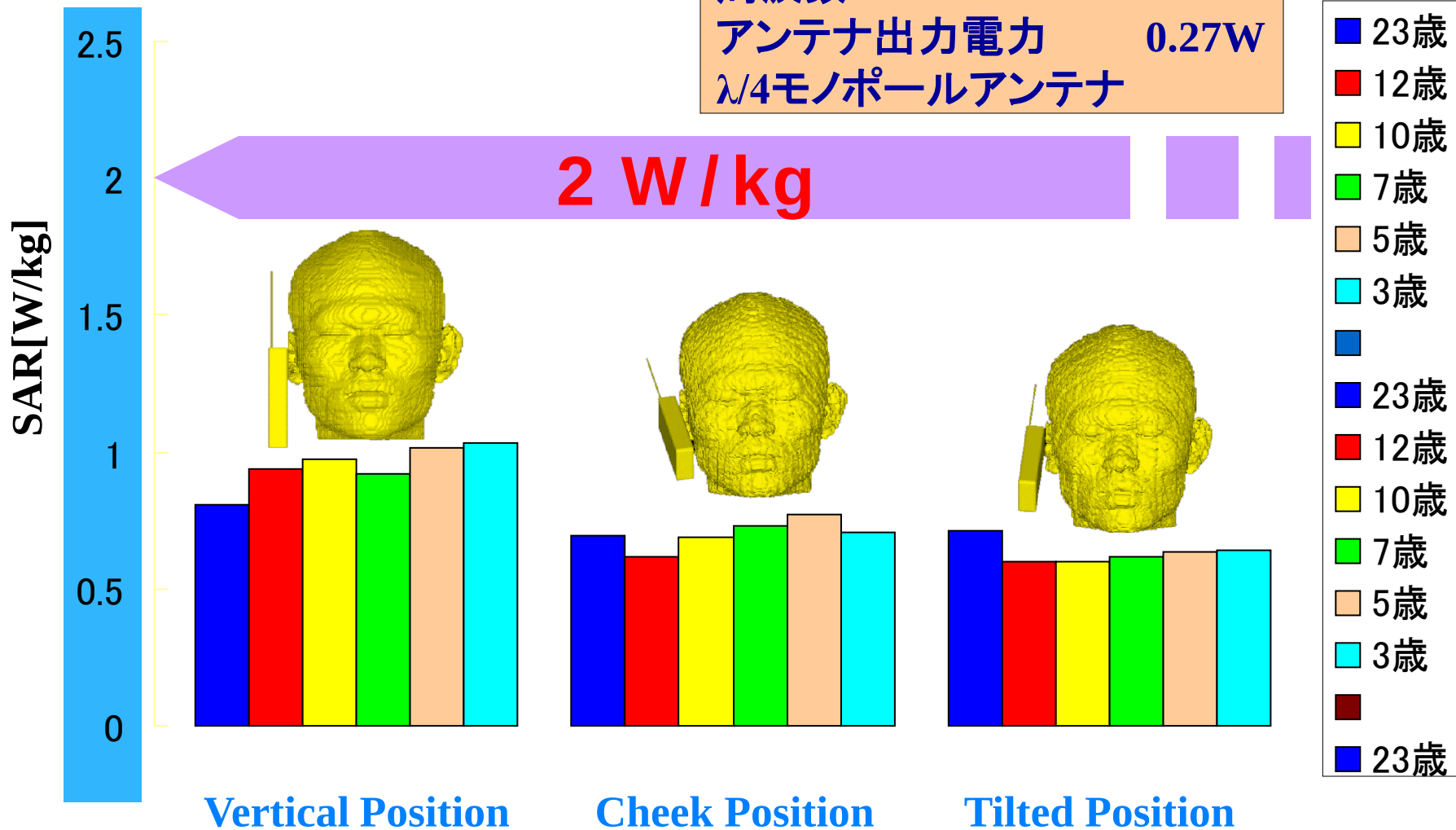
900MHz

アンテナ出力電力

0.27W

$\lambda/4$ モノポールアンテナ

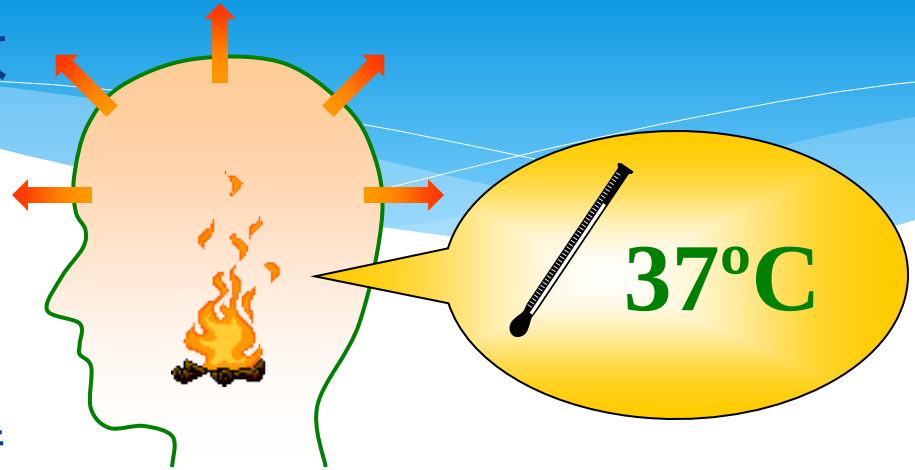
2 W / kg



物理的な熱放散

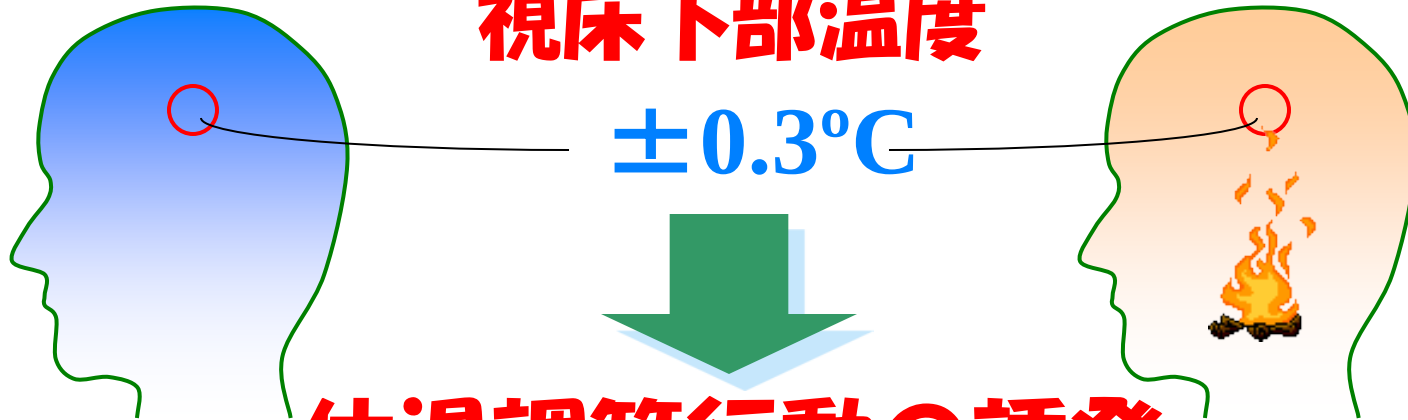
間脳視床下部で
統合・制御

化学的な熱生産



視床下部温度

$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$

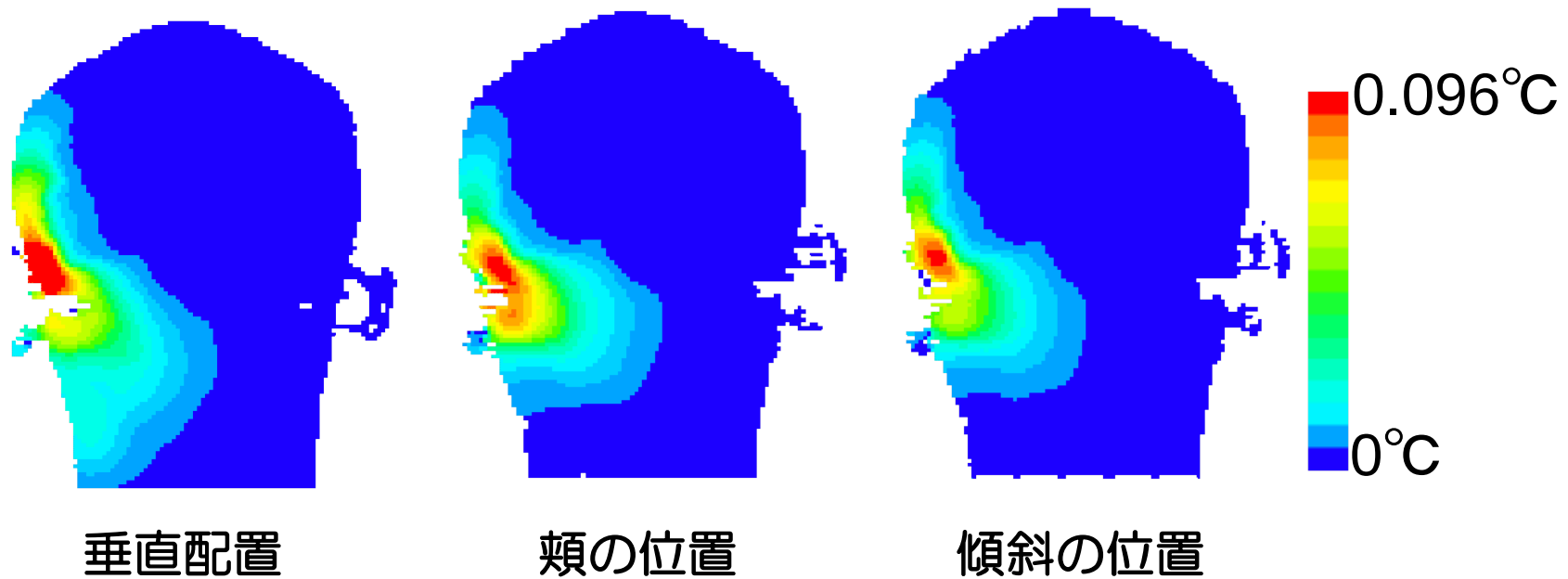


体温調節行動の誘発

- 皮膚血管の拡張, 収縮
- 血流量の増加, 減少
- 呼吸や発汗による水分蒸発

携帯電話による頭部内温度上昇の空間分布

$f=900\text{MHz}$, $P_{\text{in}}=0.27\text{W}$



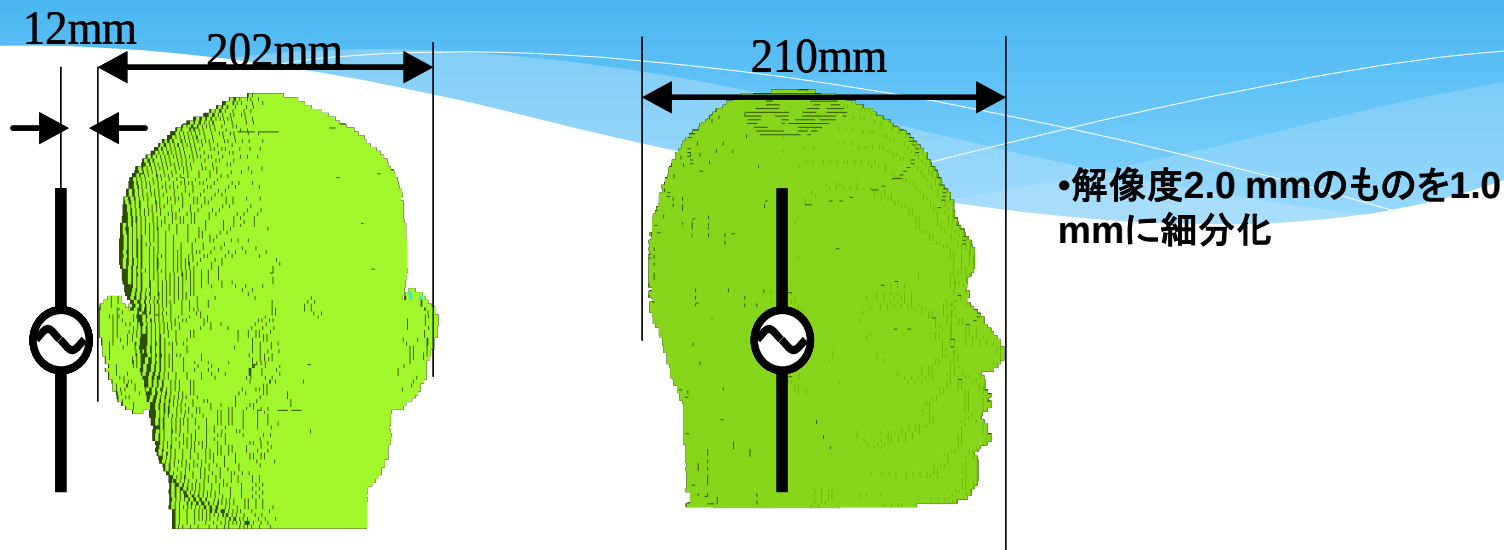
局所SARの有効性(1)

SARが熱作用評価の指標であれば、温度上昇と相関があることが望ましい。

温度上昇 = 係数 × 局所平均SAR

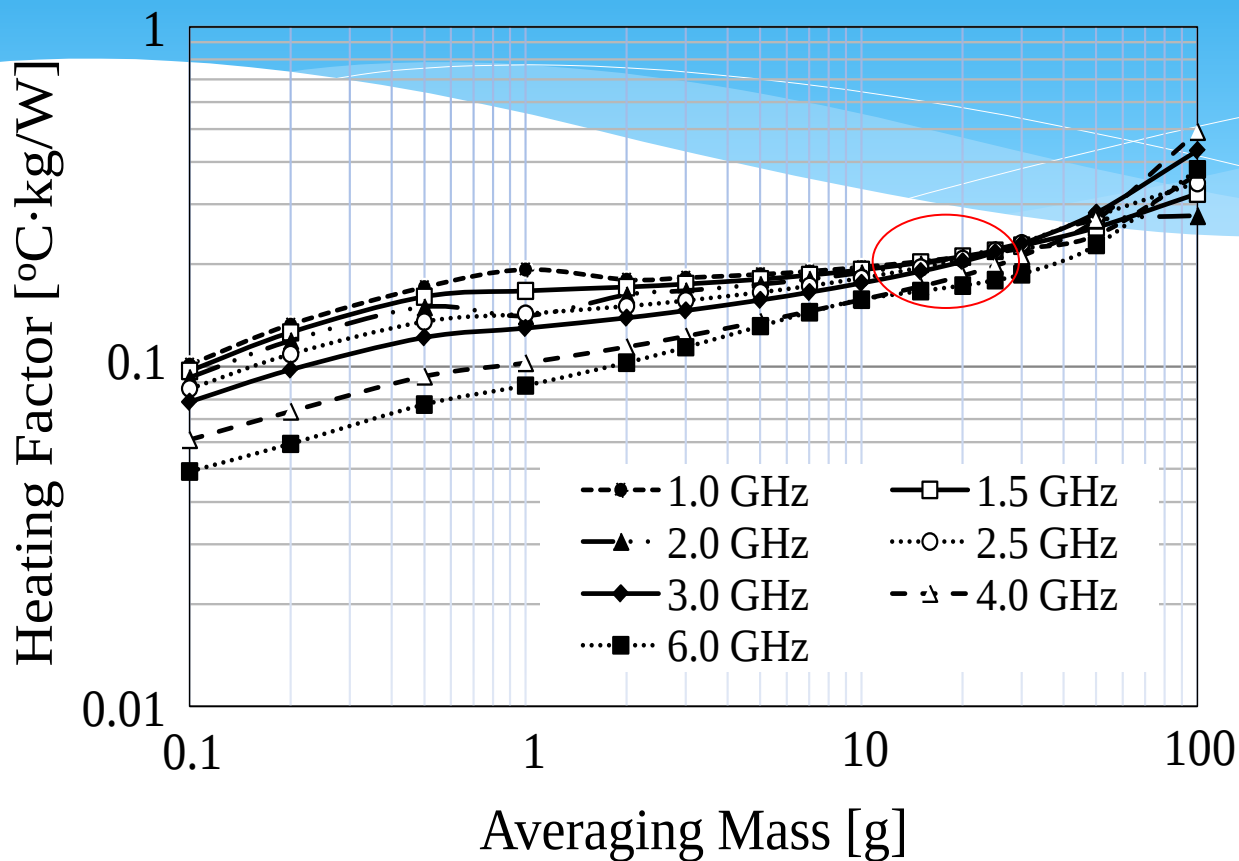
上記の関係が成立するのか？

局所SARの有効性 (2)



- 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。

局所SARの有効性 (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

WHO文書から

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.

身の周りの電波とその安全性

**日時 平成27年10月8日（木）
15：30～16：10**

**場所 公立学校共済組合高知宿泊所
高知会館**

平田 晃正（名古屋工業大学）

- ✓電波と埋め込み機器
- ✓電磁波と生体影響
- ✓基準根拠の明確化（全身ばく露）
- ✓基準根拠の明確化（局所ばく露）
- ✓リスク（熱負荷の相対リスク）

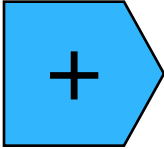
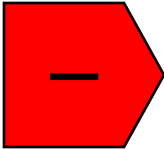
リスクとは??

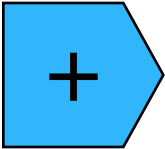
リスク (RISK) は
「望ましくない事柄の大きさ」 × 「その事柄が起こる確率」
で考えることができる

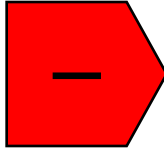
**火災 欠陥住宅・シックハウス 飲酒・喫煙による健康被害
誤飲・誤食 盗難 交通事故 がん 熱中症
ダイエット食品・健康食品の健康被害 など**

日々、何らかのリスクの中で生活している

ベネフィットとリスクは表裏一体

	医薬品	交通手段 (車・電車・航空機)
	病気・けがを治す	短時間で遠くに移動
	副作用	事故の可能性

 を最大限に

 を最小限に

一般の人がリスクを認知するときの評価基準 (Slovic)

恐ろしさ

対象のモノが

- コントロールできない
 - 削減することが難しい
 - 増大しつつある
 - 次世代に影響
 - 非自発的にさらされる
- etc.

未知性

対象のモノが

- 新しい
 - さらされていてもわからない
 - 科学的によくわかっていない
 - 観察できない
- etc.

人数規模

- 何人がそのモノにさらされているか

これら満たされた際にリスクとしての認知が増大

環境因子とリスク

「環境因子の摂取量（濃度・ばく露量）」と「健康を損なう確率」が問題となる。

例）因子Aを生涯で1g摂取すると、がんになる確率が1000人に1人と推測されたとき、確率は $1000分の1 = 10^{-3}$ である。

生涯で0.01gだったときは、確率は $10^{-3} \times 0.01 = 10^{-5}$

どんなに小さな摂取量でも確率は0にはならない。（直線モデル）



確率が小さければ実質的に安全とする

一般的な環境基準値の設定には

→ $10^{-5} \sim 10^{-6}$ レベル

が採用されている。

科学的なデータが更新されれば随時見直しされる。

インターフォン・スタディの結論 (2010年)

全体として、神経膠腫または髄膜腫のどちらについても、携帯電話の使用に伴うリスク上昇は観察されなかった。

ばく露の最高レベルで、腫瘍の発生サイドと「同側」ばく露において、神経膠腫のリスク上昇および髄膜腫でのやや小さな上昇、また神経膠腫については側頭葉の腫瘍でリスク上昇の示唆が見られた。

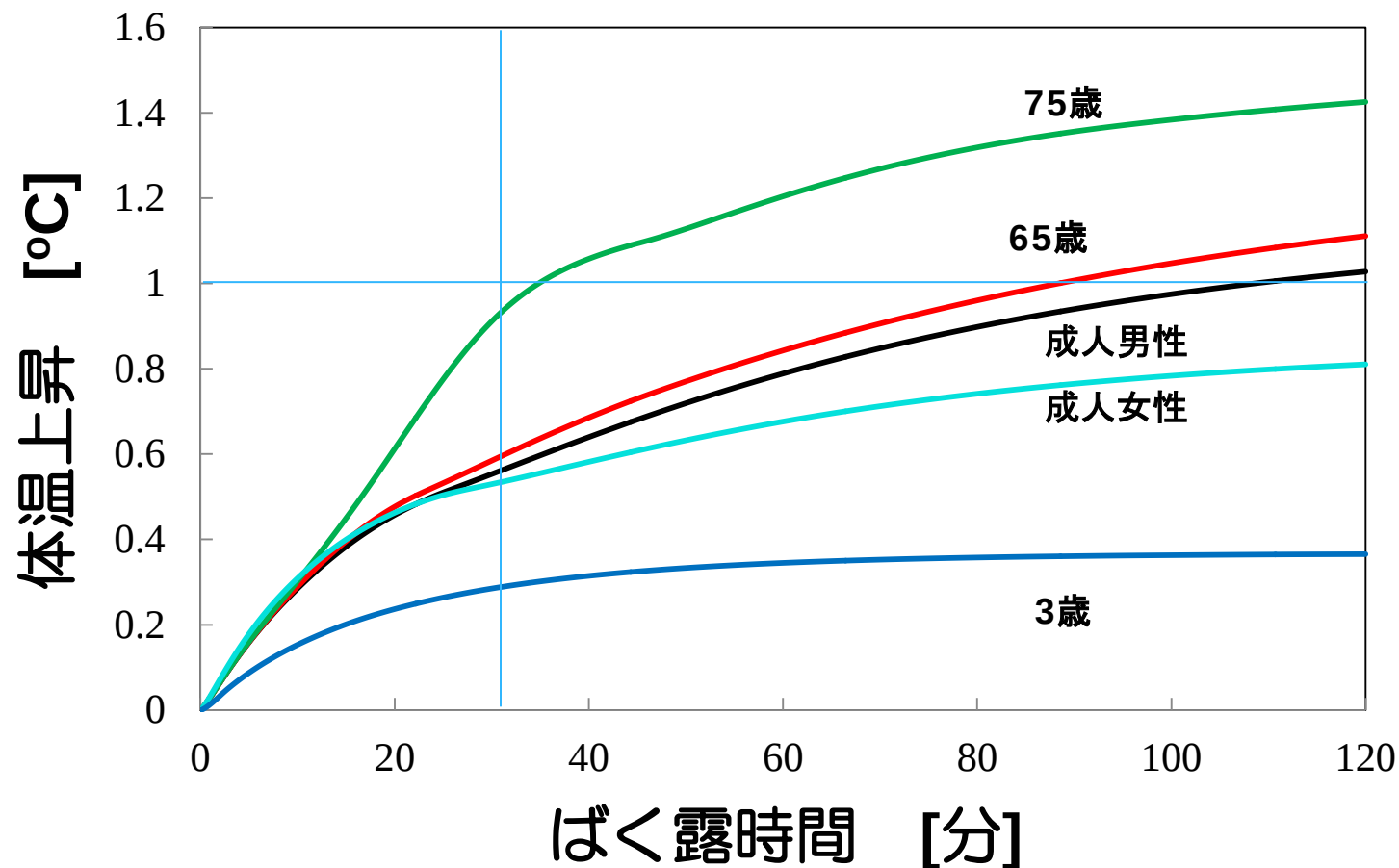
しかし、バイアスと誤差のため、これらの分析から導かれた結論の強固さは限定的となり、因果的な解釈はできない。

長期に渡る長時間利用者への影響については、より詳しい研究が必要である。

電波の健康リスク

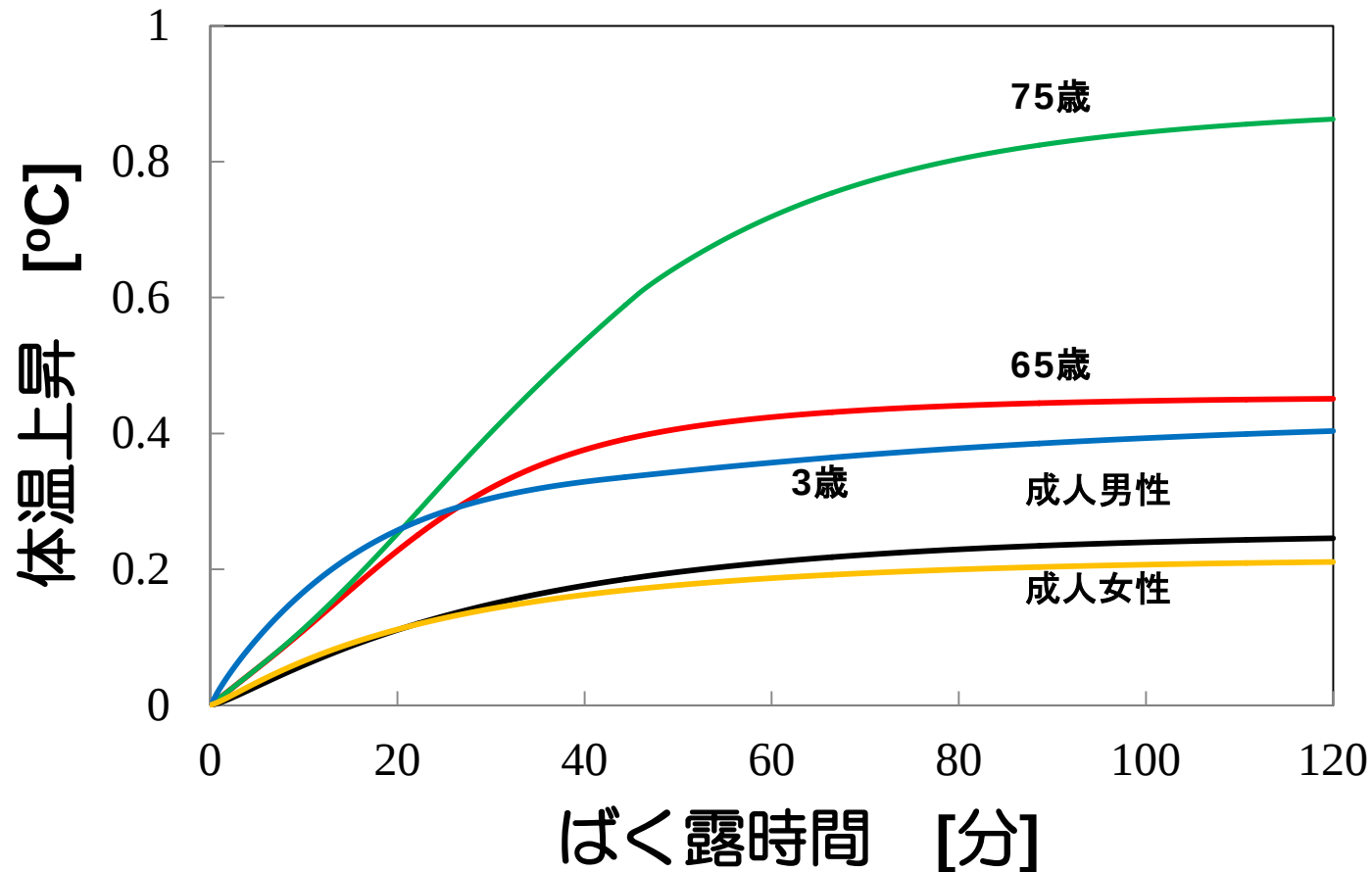
- 防護指針値以下の電波では、認められる健康影響は現在のところ存在しない。
- 電磁界強度の大きい電波による熱作用は国際ガイドライン／電波防護指針によって規制されている。
- 電磁界のリスクと他のリスクの相対的大きさを理解することが重要。

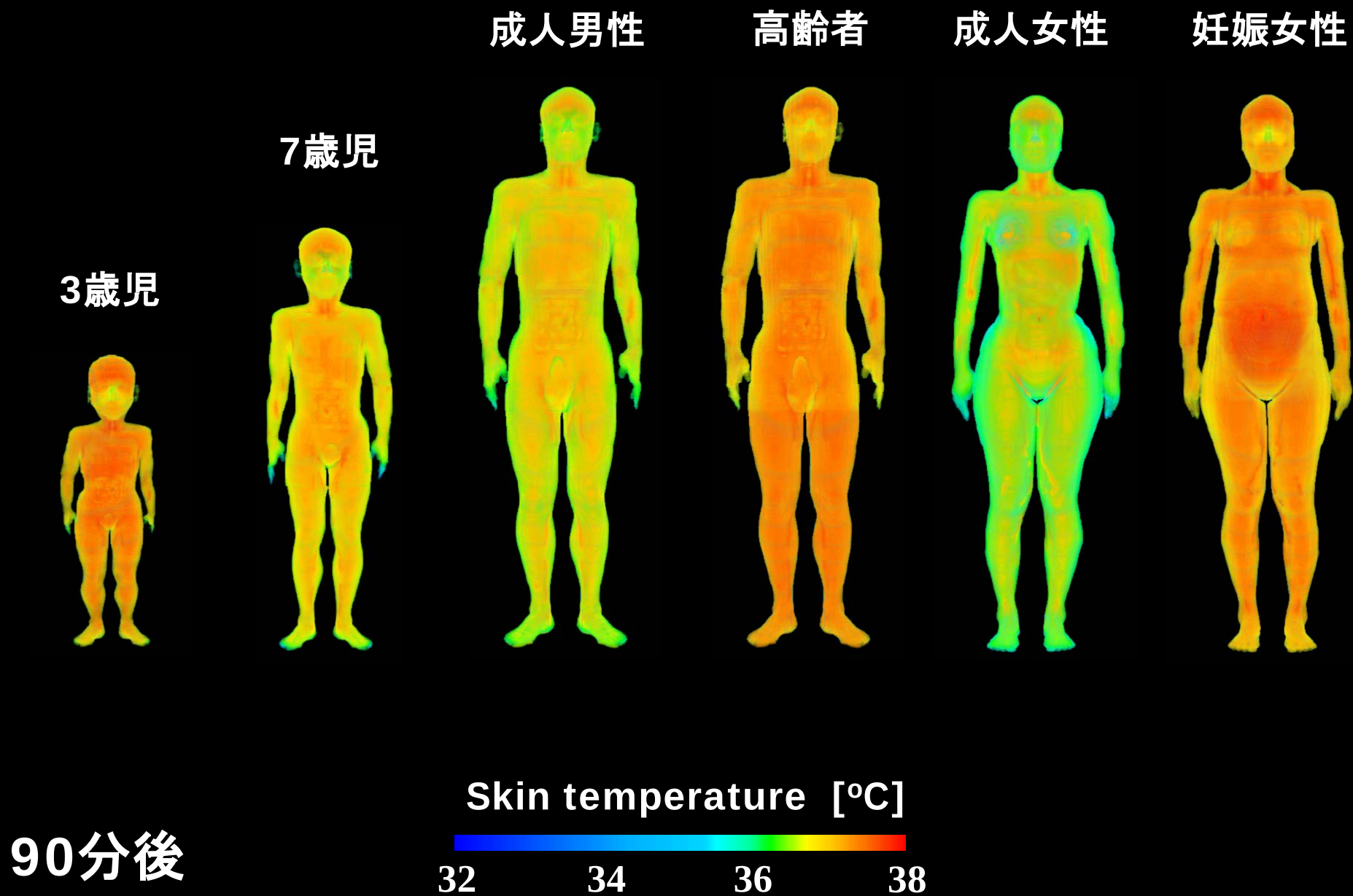
電波による体温上昇 (一般環境の**50倍**4 W/kg)



日本の夏の体温上昇は？

室温**35 °C**、湿度**60%**





電波の人体防護基準と今後

