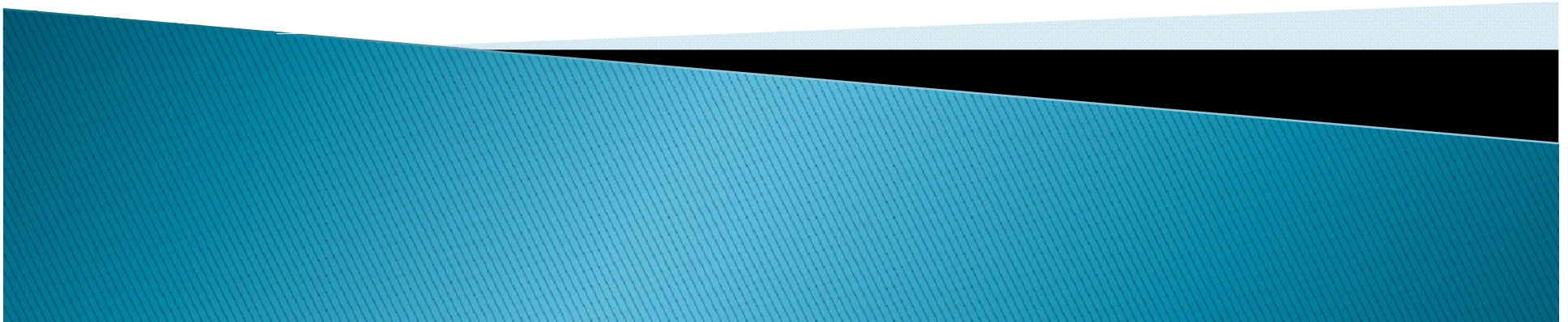


実験に基づく電磁界強度指針の 妥当性評価及び確認

北海道大学 大学院情報科学研究科

研究代表者 野島 俊雄

発表者 日景 隆



内 容

▶ 背景

電波防護指針と全身平均SAR(Specific Absorption Rate)

▶ 研究目標(最終目標)

全身平均SAR測定系の実現

人体寸法(大人・子供)、姿勢(立、座等)変更時のSAR測定データ取得

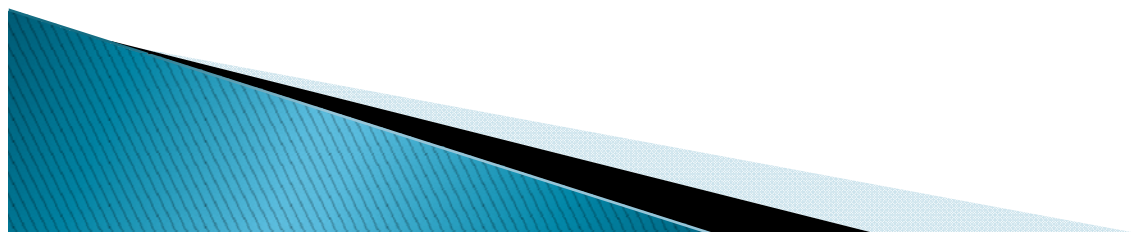
▶ 研究方法

3次元電界強度分布測定装置と疑似人体からなる測定系の開発

▶ 研究成果

測定装置の構築と成人男性および小児モデルの全身平均SAR測定を実施

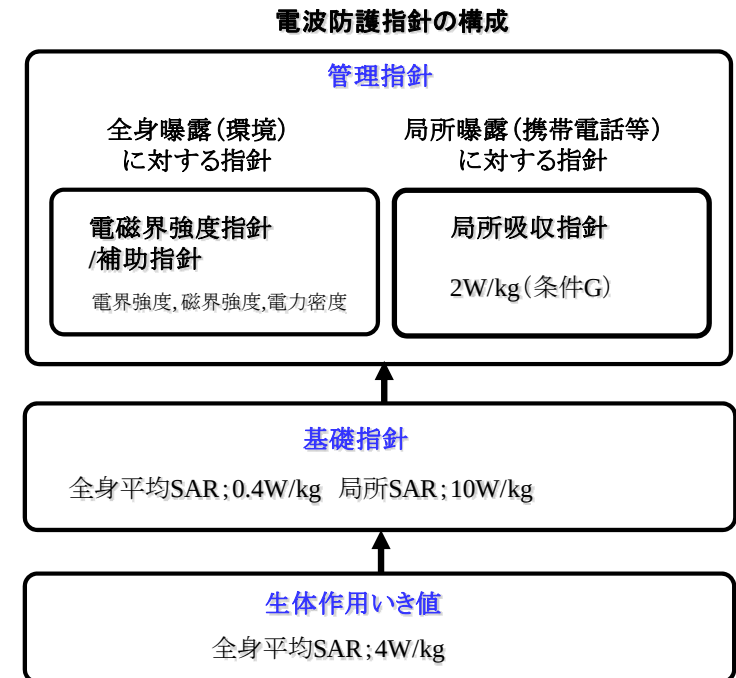
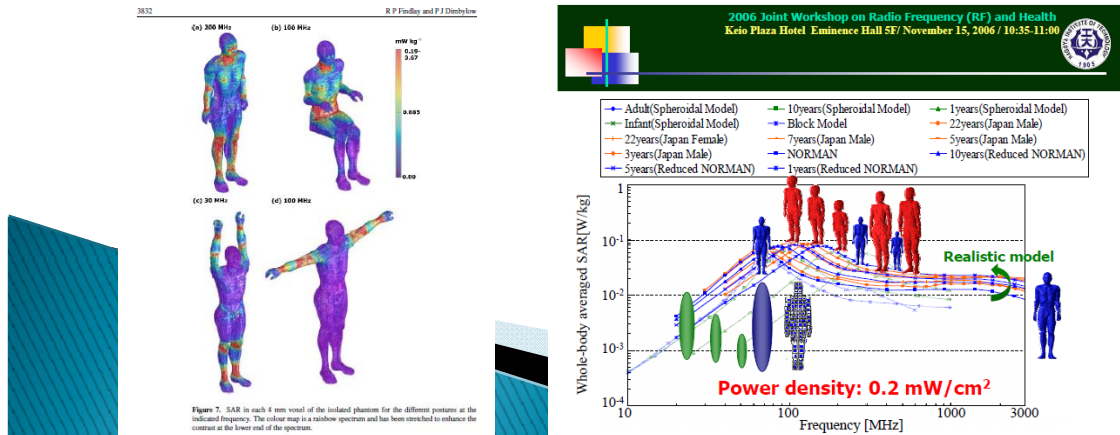
▶ 結論と今後の課題



研究背景と目的

電波防護指針は、「基礎指針」と「管理指針」からなる。基礎指針は電波防護指針の考え方の根拠として位置づけられるもので、刺激作用と熱作用の閾値をもとにSAR (Specific Absorption Rate) などの生物への影響に直接関連づけられる物理量で定められている。管理指針は、基礎指針に対応する測定可能な物理量で定められており、電磁界強度指針や局所吸収指針などから構成される。

電磁界強度指針は基礎指針から計算で導出されており、その精度を高めるための詳細な計算推定が世界的に様々な研究機関で実施されている。



- [1] J. Wang, et al., "FDTD calculation of whole-body average SAR in adult and child models for frequencies from 30 MHz to 3 GHz," Phys. Med. Biol. 51, p4119-4127 (2006)
- [2] Sven Kühn, et al., "Assessment methods for demonstrating compliance with safety limits of wireless devices used in home and office environments," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Volume 49, Issue 3, pp. 519-525, August 2007.

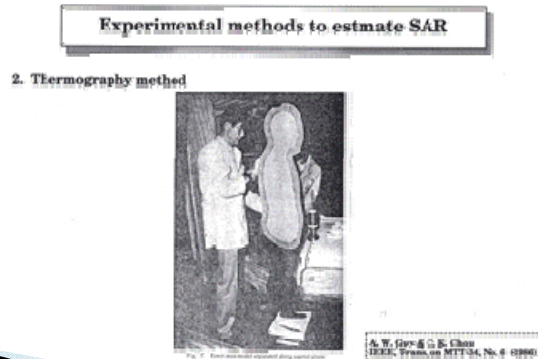
研究背景と目的

局所SARについては多くの計算推定と共に高精度な実験測定が行われている。一方、全身平均SARの計算推定を裏付けるための実験検証については、その難易度から十分なデータが得られている状況にはない。したがって、特に電波ばく露におけるヒトの全身平均SARを実験的に評価する手法の確立が求められている。

本研究は、これらの計算推定の妥当性を確認するための実験的な裏づけデータを得ることを目的として行なう。人体によく近似したファントムを用い年齢、姿勢などの影響も明らかにする。

全身平均SARの実験評価例：

サーモグラフィ法



カロリーメータ法

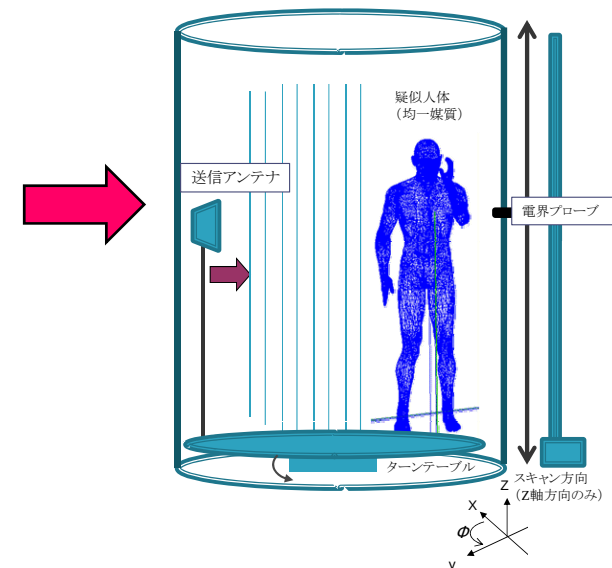
Bioelectromagnetics 13:435-438 (1992)

Brief Communication

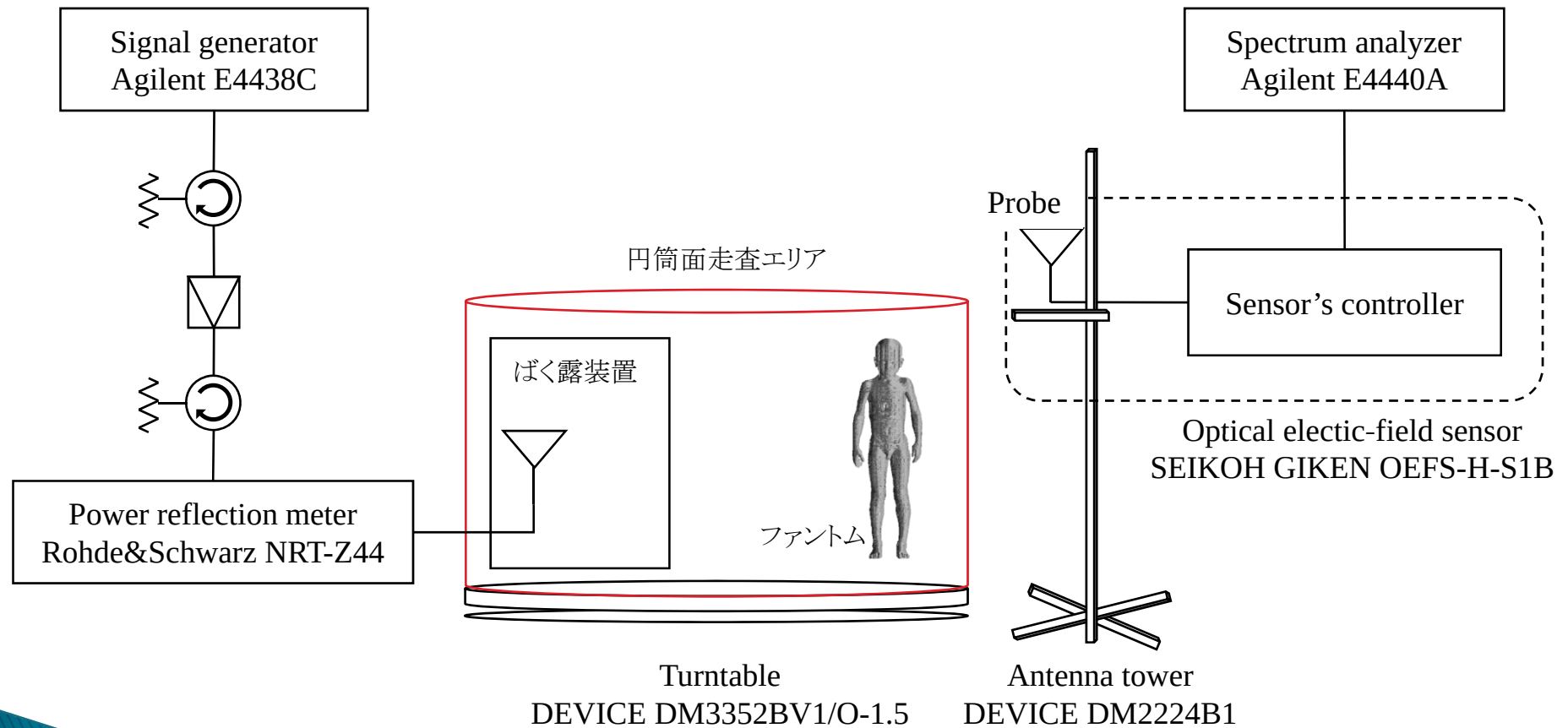
Whole-Body Microwave Dosimetry Based on a Single, Gradient-Layer Calorimeter

Satnam P. Mathur, Yahya Akyel, and Shin-Tsu Lu
ERC BioServices Corporation, Gaithersburg, Maryland, and Department of Microwave Research, Walter Reed Army Institute of Research, Washington, D.C.

空間電磁界走査法



測定系の構成

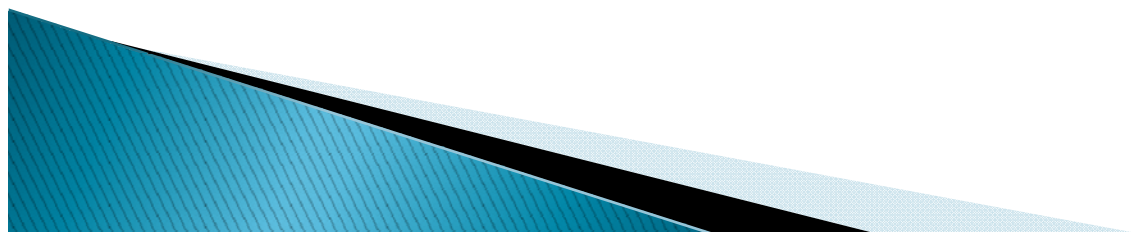


WB-SAR評価用疑似人体

- ▶ WB-SAR評価用疑似人体(ファントム)の実現目標
 - 各周波数帯において生体とほぼ等価な電気的特性を有すること(2/3筋肉等価)
 - 高安定かつ水分を含まない軽量な固体材料

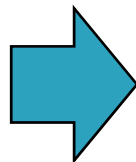
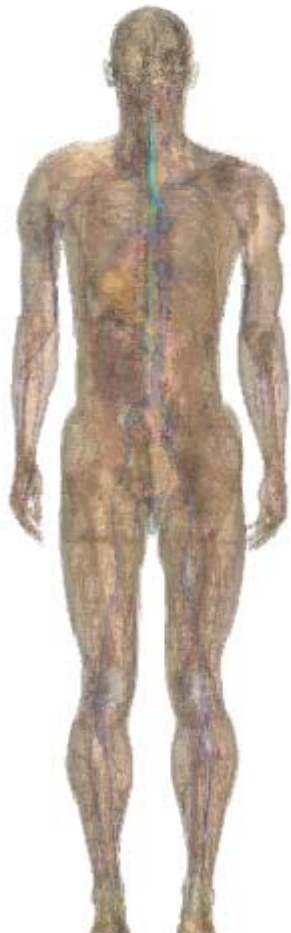


- ▶ シリコンラバーとカーボンナノチューブ複合材を用いた軽量固体ファントム材の利用
 - 成人男性および小児モデルを製作
 - スケールモデルに対応した電気的特性の確認



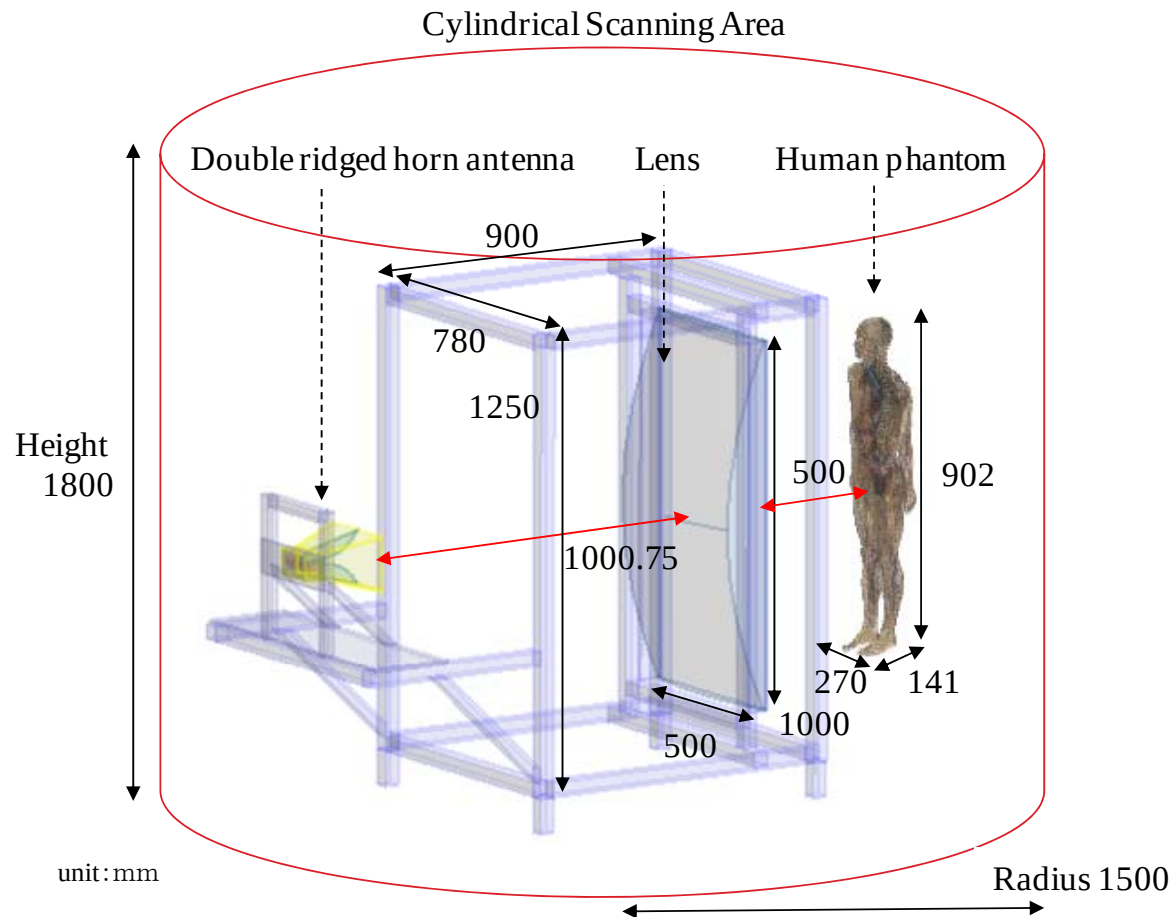
WB-SAR評価用疑似人体

数値人体モデル



- ・WB-SAR評価用疑似人体として利用可能
- ・寸法および姿勢変更のファントム製作が実現

数値シミュレーションモデル

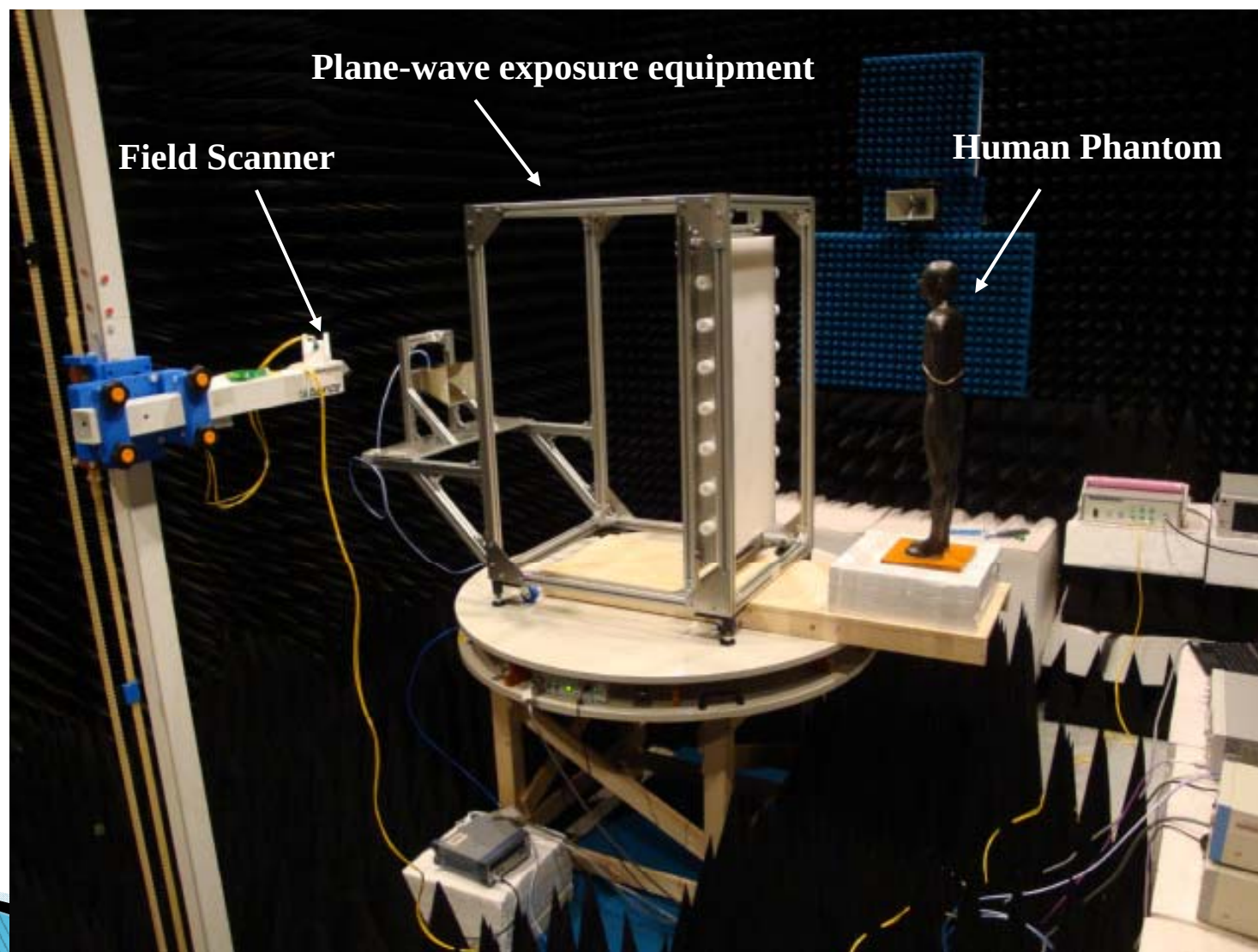


Frequency	4000 MHz
Cell size	1 mm (minimum) 7 mm (maximum)
Iteration	250 Periods
Absorbing Boundary Condition	U-PML (8 Layers)
Total Program size	638 x 728 x 667 (maximum size)
Material	Human Phantom (half scale): ϵ_r 36.02, σ 2.6 [S/m] (2/3 equivalent Muscle *), ρ 1000kg/m ³ Dielectric Lens: ϵ_r 3.7 Rack, Horn Antenna: PEC
Sampling interval of Cylindrical scanning	Height: 20 mm Angle: 1 degree

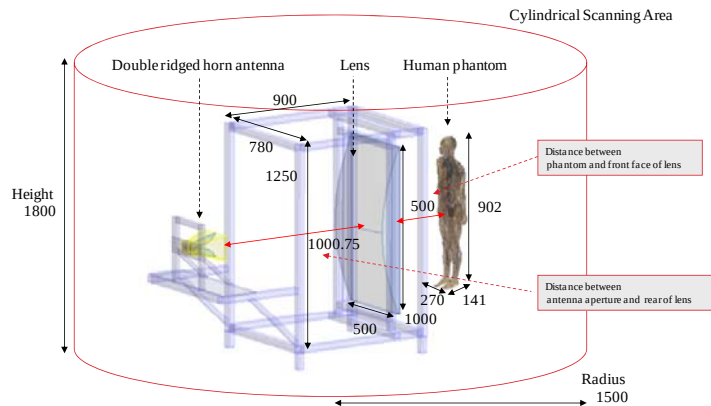
*) C Gabriel, "Compilation of the dielectric properties of body tissues at RF and microwave frequencies,"

Brooks Air Force Technical Report AL/OE-TR-1996-0037, 1996.

電波暗室内に構築したWB-SAR測定系



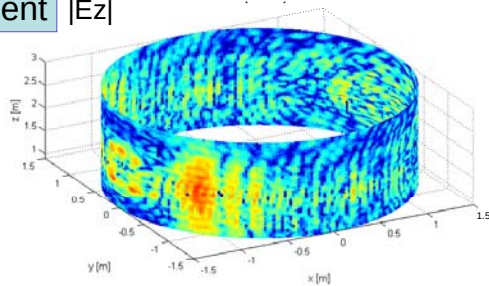
円筒面内電界強度分布の測定結果例



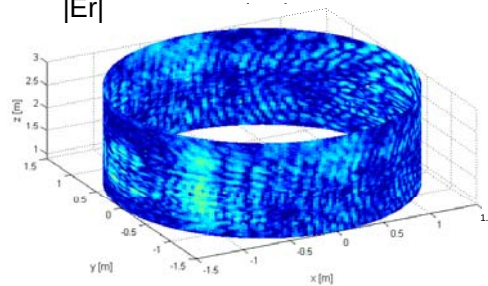
- 周波数: 4 GHz
- アンテナ入力電力: 23 dBm

円筒面表示

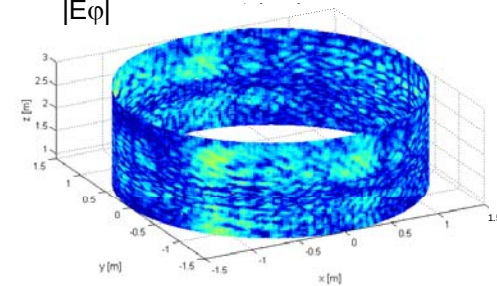
Measurement |Ez|



|Er|

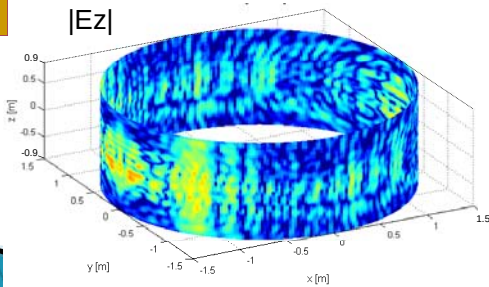


|Eφ|

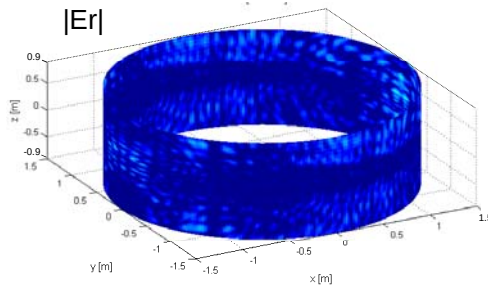


Simulation

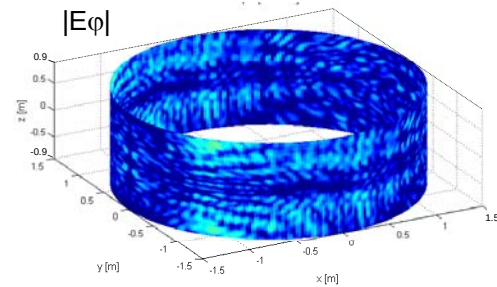
|Ez|



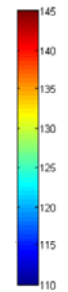
|Er|



|Eφ|



|E| (dBuV/m)



These figures are measurement and simulation results of European male adult (Antenna input power is 23 dBm).

全身平均SAR測定結果

- ・電界データを円筒走査面に渡って面積分することで放射電力を評価
- ・ファントムが存在しない場合の放射電力との差分から吸収電力を算出
- ・全身平均SARは測定媒質の吸収電力 W_{ab} と質量の比より算出する。

$$\text{全身平均SAR} = \frac{W_{ab}}{(\text{人体の質量})} \quad [\text{W/kg}]$$



身長:107cm
体重:18 kg

小児



身長:180cm
体重:68 kg

成人男性

	測定結果		FDTD解析結果	
Human model	成人男性	小児	成人男性	小児
W_{ab} (規格化した吸収電力) [W]	0.948	0.461	-	-
WB-SAR [W/kg]	0.056	0.101	0.0565	0.100

- 測定結果はFDTD解析結果とよく一致
- 円筒面走査に基づく全身平均SAR推定の妥当性を確認

結論と今後の課題

- ▶ 3次元電界強度分布測定に基づくSAR評価装置の提案
- ▶ 平面波ばく露装置、円筒面スキャナおよびスケールモデル
疑似人体からなる全身平均SAR測定系の構築
- ▶ 立姿勢人体(大人・小児)のSAR測定

今後の課題

- ▶ 寸法・姿勢を変更した人体の全身平均SAR測定
- ▶ データ分析

