

電波の人体への安全性 に関する評価技術

平成25年度～平成27年度

国立研究開発法人情報通信研究機構

研究代表者 渡辺 聡一

到達目標

① 適合性評価技術の開発

- 最新無線通信端末のための簡便かつ高速なSAR評価手法の確立
- 最新無線通信端末に対し、校正・不確かさ評価による適合性評価方法の信頼性向上
- WPTシステム等の中間周波数帯電波利用機器の適合性評価手法の確立
- 研究成果の学会発表等を通じ、国内外の標準規格に反映

② 高精度ばく露評価技術の開発

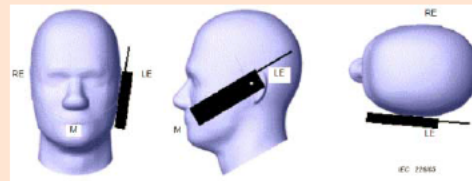
- 長波帯からTHz波帯における数値人体モデル・計算システム等の開発
- 基本的なばく露条件下における人体ばく露量の評価
- 様々な電波利用機器の実利用状況を考慮した人体ばく露量の評価
- 研究成果の学会発表等を通じ、国内外の電波防護ガイドライン等に反映

到達目標

全て達成
以降で主要な成
果を説明

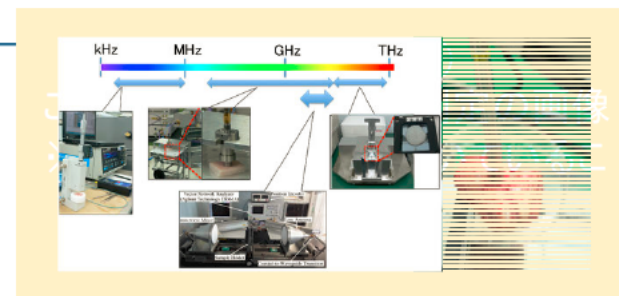
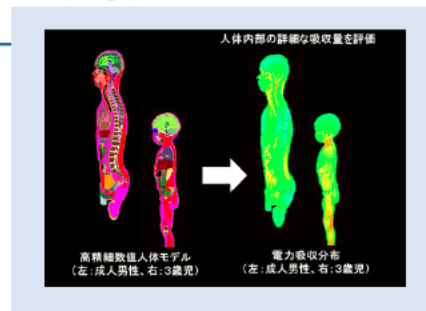
① 適合性評価技術の開発

簡便かつ高信頼性の適合性評価技術の開発



② 高精度ばく露評価技術の開発

正確性を追求したばく露評価技術の開発
ばく露評価のための基礎データの整備



無線電力伝送(WPT)システム の適合性評価方法 の開発

WPTの人体防護

WPTシステム周辺に比較的強い電磁界が発生

本研究



体内植え込み医療機器に影響(電磁干渉)

人体に影響(刺激・熱作用)

電波ばく露に対する人体防護 (WPTと無線通信システム)

10 kHz (10^4)

10 MHz (10^7)

刺激作用

熱作用

100 kHz (10^5)



テレビ放送塔(スカイツリーの例)
周波数・出力(NHK: 557.1 MHz、10 kW)
アンテナ設置位置(地上500m以上)

全身加熱を防護

WPTシステム
周波数・出力(数10kHz~数MHz、~数 kW)
アンテナ設置位置(密着~数10cm)

刺激作用・全身加熱・局所加熱を防護

携帯電話端末
周波数・出力(0.7~2 GHz, 0.25 W)
アンテナ設置位置(密着)

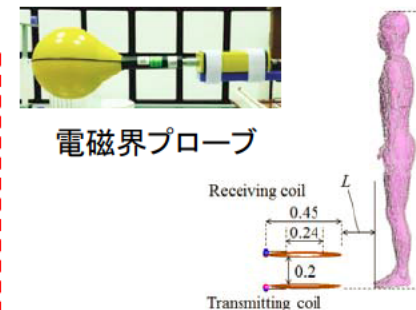
局所加熱を防護

WPT電波ばく露の評価手順

従来の無線通信システムとは大きく異なるばく露条件（周波数・出力・設置場所）であるため、新たな安全性評価手法が必要

世界に先駆けて日本が安全性評価手順を策定！
H26年度、H27年度情通審答申

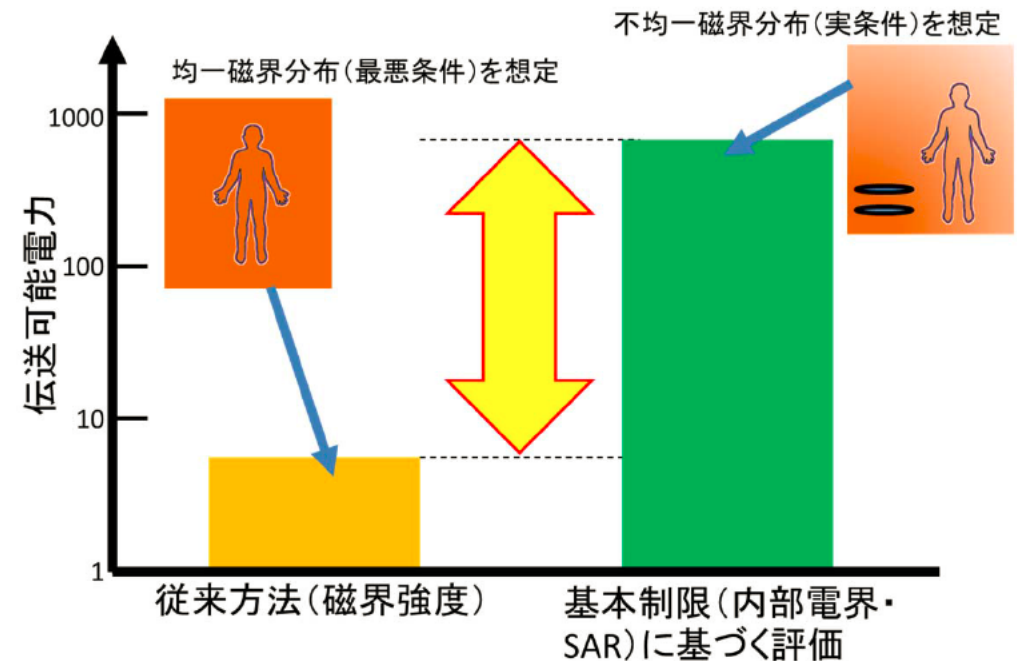
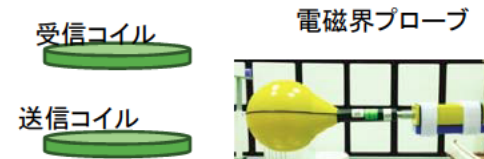
- 各WPTシステムに対する適合性を確認すべき指針値（防護すべき影響）を明確化
- 複数の適合性評価手順を策定
 - ✓ 簡便だが出力や離隔距離に関して制約的な評価
 - ✓ 詳細だが出力や離隔距離に関して緩和的な評価
- 測定手法を策定（電界・磁界・接触電流測定方法）



本研究の成果を反映

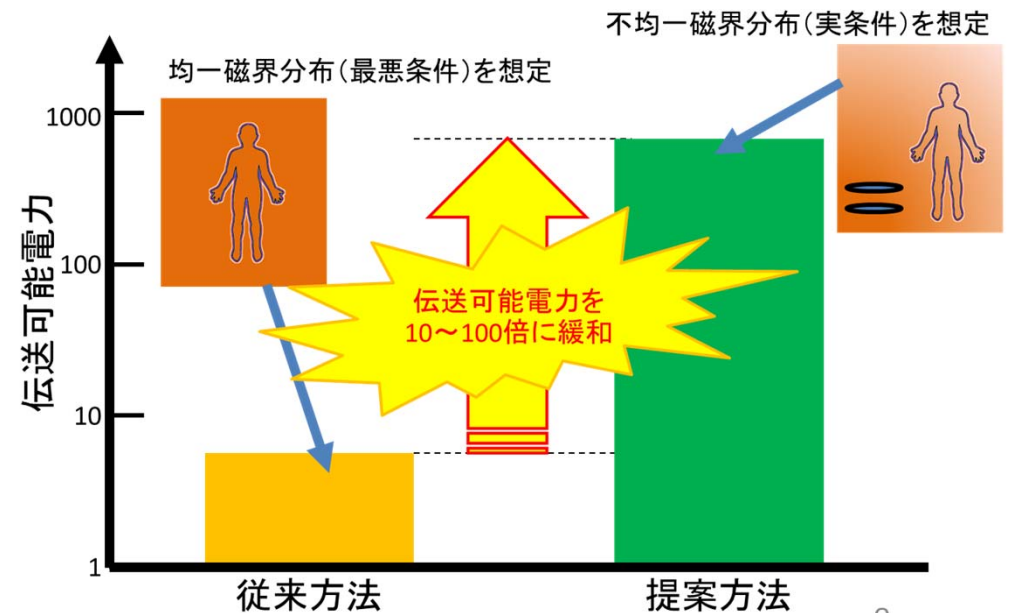
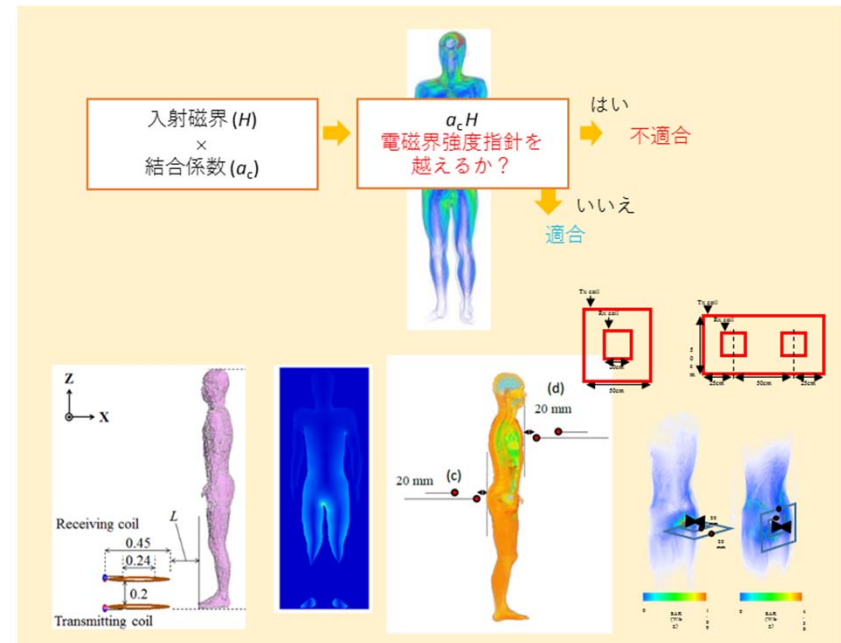
従来の適合性評価方法の問題点

- 従来の方法では、WPTシステム周辺の電磁界強度を測定し、許容値と比較。
- 最も簡便だが非常に制約的な評価となる。(右図の例では、本来許容される電力の1/100に制限)
- 上記の問題は、許容値が最悪のばく露条件(一様電磁界に人体がさらされている)を想定しているため。一方、WPTシステム周辺の電磁界強度は不均一に分布している。
- WPTシステム周辺の電磁界強度の不均一分布を考慮した評価方法を開発



結合係数を用いた評価方法の開発

- WPTシステム周辺の電磁界強度分布の不均一性を考慮した結合係数(1未満)を磁界強度測定値に乘じることで、許容電力を緩和することができる。
- 結合係数を適用するための要件および結合係数の値を決定するために、**100通りを超える**様々な条件で、詳細数値人体モデルを用いた大規模数値計算を実施。
- WPTシステムに対する結合係数の適用は**世界的にも初めての**試みであり、WPTシステムの簡便かつ効率的な利用促進に貢献。



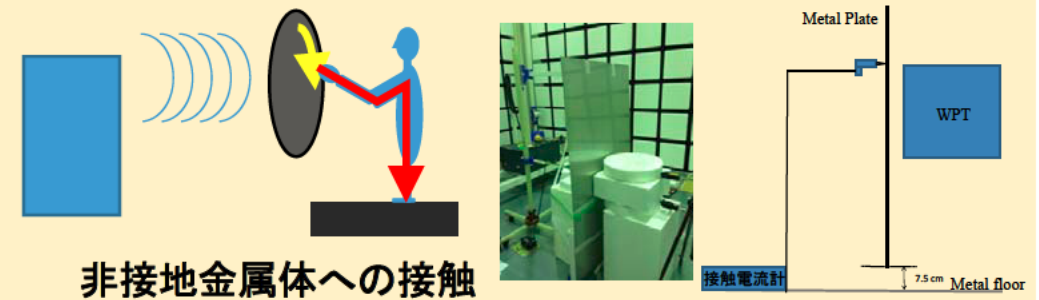
接触電流の評価方法

評価方法策定のために、
本研究で、多数の数値
シミュレーションおよび実
験を実施

- **世界に先駆けて**、WPTシステム利用時の接触電流評価手順を策定

- システム近傍の非接地金属体に電荷が誘起され、接地人体が金属体に触れると電流が流れる

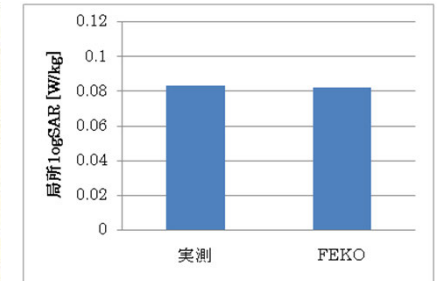
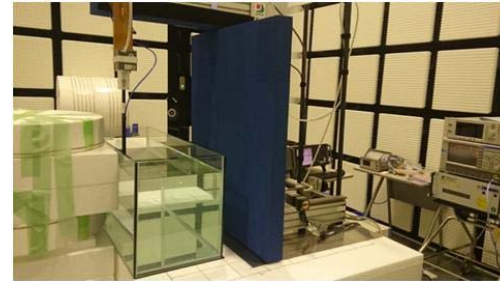
- システム近傍の接地金属体に接地人体とが作るループ面を変動磁界が貫くことにより、人体に電流が流れる



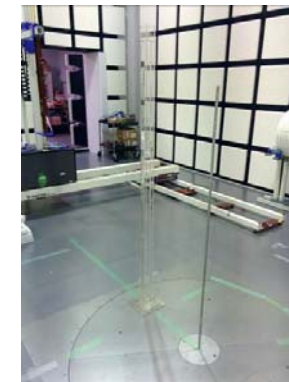
本研究で**初めて**、磁界誘導接触電流測定の実用性を明らかにした。
→ 国際ガイドライン等への反映

SAR測定方法の開発

- WPTシステムの適合性評価において、安全性を確保しつつ、より効率的な電波利用を実現するためには、携帯電話同様にSARを直接測定する方法が望ましい。
- 本研究では、MHz帯のWPTシステムのSAR測定方法について検討し、SAR測定による適合性評価が可能であることを確認した。
- 特に、人体等価アンテナを用いた全身平均SARの評価方法は、これまでにない**独創的かつ実用性に優れた**評価手法といえる。



左：液体ファントム中のSAR測定の様子
右：測定結果と数値計算結果の比較



人体等価アンテナを用いた全身平均SAR測定の様子

WPTシステムの適合性評価手法に関する研究のまとめ

- 大規模数値シミュレーションおよび実験により、簡便かつ実用性に優れた評価手法について検討
- **世界で初めて**、WPTシステムに対する結合係数を用いた評価手法を開発
- **世界で初めて**、磁界誘導による接触電流評価の必要性を明らかにし、評価手法を開発
- **世界で初めて**、WPTシステムに対する適合性評価手法を確立し、情通審答申に反映し、H28年3月に施行されたWPTシステム(高周波利用設備)の評価に適用
- 世界的にも先駆けて、WPTシステムを対象としたSAR評価手法についての検討を実施
- IECにおける国際標準化会議を主導し、研究成果の反映に努力中

外部発表状況

- 学術論文掲載14件
- その他学会発表等120件
- 国際標準化寄与文書19件
- 受賞5件

IOP PUBLISHING
Phys. Med. Biol. 58 (2013) 1625–1633

PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY
doi:10.1088/0031-9155/58/5/1625

Development of the complex permittivity measurement system for high-loss biological samples using the free space method in quasi-millimeter and millimeter wave bands

K Sasaki¹, H Segawa^{1,2}, M Mizuno¹, K Wake¹, S Watanabe¹ and O Hashimoto²

¹ National Institute of Information and Communications Technology, Koganei, Tokyo 1847195, Japan

110 GHzまでの電気定数測定システムを開発

Development of the dielectric properties measurement system for the epidermis and dermis at frequencies from 0.5 GHz to 110 GHz

K Sasaki, K Wake and S Watanabe

National Institute of Information and Communications Technology, Koganei, Tokyo, 1847195, Japan

110 GHzまでの皮膚組織電気定数測定

Engineering in Medicine and Biology
Physics in Medicine & Biology
doi:10.1088/0031-9155/58/16/16275

Dielectric property measurement of the epidermis and dermis at frequencies from 0.5 GHz to 110 GHz using the free space method

K Sasaki¹, Y Isimura^{1,2}, K Fujii¹, K Wake¹, S Watanabe¹, M Kojima¹, R Suga² and O Hashimoto²

¹ National Institute of Information and Communications Technology, Koganei, Tokyo 184-8795, Japan

新測定システムの開発と110 GHzまでの眼球組織電気定数測定

IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 62, NO. 10, OCTOBER 2014

3035

PAPER Special Section on Recent Progress in Measurement and Design Techniques on Antennas, Propagation and Wireless Systems

A Novel SAR-Probe Calibration Method Using a Waveguide Aperture in Tissue-Equivalent Liquid

Nozomu ISHII^{†††††}, Senior Member, Lira HAMADA^{††}, and Soichi WATANABE^{††}, Members

SUMMARY A novel method for calibrating the probes used in standard measurement systems to evaluate SAR (specific absorption rate) of the radio equipment operating at frequencies over 3 GHz is proposed. For the proposed method, the electric-field distribution produced by a waveguide aperture installed in a liquid container is used to calibrate the SA probe. The field distribution is shown to be the same as that given by a conventional calibration method by analytically deriving a closed-form expression for the field produced by the waveguide aperture with the help of the

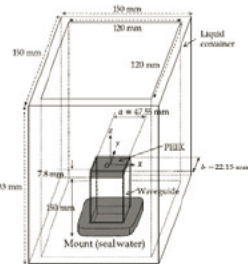
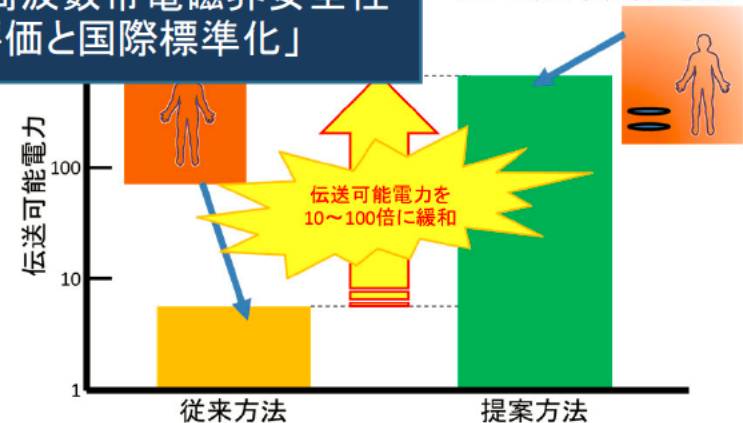


Fig. 4 Waveguide aperture for the 5.7-GHz hand set in the liquid container.

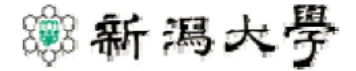
第11回電子情報通信学会
通信ソサイエティ論文賞
(Best Paper Award)

電気学会進歩賞受賞
「中間周波数帯電磁界安全性
評価と国際標準化」

不均一磁界分布(実条件)を想定



実施体制



- NICTの較正・テラヘルツグループと連携
- 国内の主要な工学系研究グループと共同研究契約を締結
- 国内の業界関係者・組織から協力・情報提供
- 国外の国家標準機関等と国際相互比較試験等を実施
- WHO, ICNIRPの活動や国際標準化活動に参画