

財団法人テレコムエンジニアリングセンター
公益的調査研究助成

成果報告書

調査研究テーマ

SARの簡易測定法の調査研究

助成期間

平成 21年 4月 ~ 平成 24年 3月

提出期日

平成 24年 4月

研究代表者氏名

道下 尚文

所属機関・職名

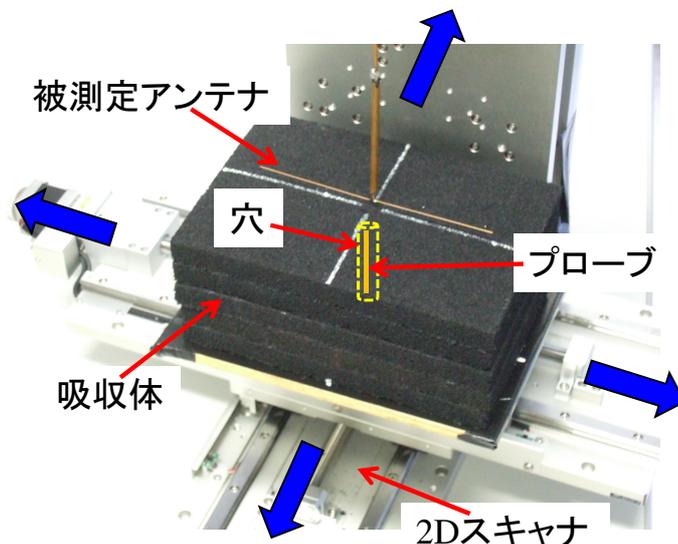
防衛大学校・講師

1. 調査研究の概要

調査研究テーマ	SARの簡易測定法の調査研究		
助成期間	平成 21年 4月 ~ 平成 24年 3月		
報告者 (助成対象者)	道下 尚文		印
勤務先	機関名	防衛大学校電気情報学群電気電子工学科	
	住所	横須賀市走水1-10-20	
	TEL		
	E-mail		
助成金額			
本報告書作成日	平成 24年 4月 24日		

調査研究概要

人体が電波にさらされた際の評価基準として、単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量を表すSARが規定されている。標準測定法は、規定の容器内に人体と等価な電気定数を持つ液体を充填し、電界プローブを3次元走査することで電界分布を測定する方法である。この測定法は、測定に時間を要し、液体の管理が難しいといった問題点があり、簡易化が求められている。本調査研究では、標準測定法の問題を解決するために、低密度・低重量の電波吸収体内に電界プローブを埋め込み、電界プローブを電波吸収体ごと2次元走査することにより電界分布を測定する簡易測定法を提案した。電波吸収体の電気定数は、電波吸収体と液体ファントムの表面インピーダンスの振幅が等しくなる電気定数とした。測定した軽量ファントム内部の2次元電界分布から、ファントム表面の電界を推定し、その表面電界から液体ファントム内部の3次元電界分布を推定した。簡易測定法の妥当性を検討するために標準測定法によるSAR値と比較した。簡易測定結果と標準測定結果の差は微小であり、SARの簡易測定法の妥当性を示すことができた。



2. 調査研究の詳細

2.1 課題名:

SARの簡易測定法の調査研究

2.2 調査研究の背景

日本では、携帯電話等の普及に伴い、2002年より携帯電話端末等の局所SAR許容値が法制化され、SAR測定の必要性が大いに増した。SAR測定法として、人体頭部を模擬した液体ファントムを用いた電界プローブ走査法が採用され、測定環境や測定手順等が標準化されている。この測定法は、電界プローブを液体ファントム内で3次元走査するため、高精度な測定が可能である。しかし、測定に時間を要する。さらに液体の蒸発や沈殿による電気定数の変化を防ぐため、液体の適切な管理が必要となる。したがって、測定法の簡易化が求められている。

局所SARの高速測定法として、固体ファントムと電界プローブアレーを用いた高速局所SAR測定装置が開発されている。しかし、使用用途がSAR測定に限定されること、高価であること等を考慮すると、研究室等で保有するには汎用性、実用性に欠くものと考えられる。安価でSAR測定以外の用途でも測定装置を使用できる測定法が望まれる。研究室が所有する装置の組み合わせで簡易に局所SARを測定する方法を検討する必要がある。

2.3 調査研究の目的:

本調査研究では、人体側頭部以外で人体に近接して使用される通信機器の局所SARを求めるために、従来の液体、固体ファントムに換わるファントムとして、材料密度が小さく、重量が軽く、操作性に優れている電波吸収体で構成された軽量ファントムに着目した。現在までに、軽量ファントムを用いた局所SAR測定法は報告されていない。そこで、標準測定法の問題点を解決できる電波吸収体からなる軽量ファントムを用いた簡易測定法の確立を目的とする。

2.4 調査研究の意義:

液体ファントムは蒸発及び沈殿により電気定数が変化する。また、測定前の液体の準備や液体の管理が煩雑である。本調査研究で着目した電波吸収体は、半永久的に電気定数が変化せず、低密度、軽量であるため、取り扱いが容易になる。また、標準測定法では、電界プローブを液体ファントム内で3次元走査するため測定に多くの時間を要する。本調査研究では、ファントムが軽量なので、電界プローブを軽量ファントムごと2次元走査し、得られた2次元測定結果から液体ファントム内部の電界を推定することで、測定時間が短縮化する。以上より、ファントムに用いる材料を変更し、測定時間の短縮化を図ることで標準測定法の問題点を克服することができる。

2.5 調査研究の方法:

本調査研究は、電磁界シミュレーションによるファントムの電気定数の決定と簡易測定装置の開発に分けられる。モーメント法およびFDTD法による電磁界シミュレータを用い、標準ダイポールアンテナあるいは携帯端末をモデル化して、ファントム表面、内部電界分布をシミュレーションする。また、研究室所有の信号発生器、信号分析器を用い、自作した電界プローブを既存の電波吸収体に埋め込むことで、簡易測定装置を構成する。調査研究項目を以下にまとめる。

電磁界シミュレーションによるファントムの電気定数の決定

- (1) 軽量ファントムの電気定数の設計指標として、ファントムの反射係数および表面インピーダンスと表面電界の関係を電磁界シミュレーションにより明らかにする。
- (2) ファントム内部の電界分布推定法を検討する。
- (3) モーメント法およびFDTD法を用いてシミュレーション結果の妥当性を評価する。
- (4) 測定法の広帯域化を検討する。電波吸収体の周波数適用範囲を明らかにする。

簡易測定装置の開発

- (1) 電界プローブのアンテナファクタを理論およびシミュレーションにより決定する。
- (2) プローブ挿入穴およびファントム寸法の影響を検討する。
- (3) 電界の各成分の平均SARに与える影響を検討する。
- (4) 標準測定法による測定結果と比較する。

2.6 調査研究の特色

標準測定法は人体と等価な誘電率および導電率となる液体ファントムを用いた測定法である。本調査研究では、液体ファントム内部の電界分布を表面電界から推定する。したがって、液体ファントムの表面電界と等しくなる材料の電気定数の組み合わせは1通りではなく、通常の電波吸収体の電気定数でも、表面電界を一致させられることに着目した点が、本調査研究の特色である。また、電波吸収体は軽量である点に着目し、電界プローブを軽量ファントムに埋め込み、電界プローブを軽量ファントムごと2次元走査する手法を考案した。これらの特色により、提案測定法は、研究室レベルで測定可能な簡易な局所SAR測定法である。

3. 年度ごとの調査研究内容

初年度分 平成 21.4～平成 22.3

- (1) 軽量ファントムと液体ファントムはその反射係数が等しければ、表面電界分布がほぼ等しくなることを、電磁界シミュレーションにより明らかにした。
- (2) 直方体ファントムの場合、少ないプローブ本数で電界分布を予測するために、電界プローブアレーを等間隔で直線配置し、被測定アンテナを電界プローブアレーと垂直方向に機械的に走査する測定法について検討した。1次元電界分布は等間隔に間引きし、その間を3次スプラインで補完した場合、間引きをしない場合の結果とほぼ等しい結果が得られた。
- (3) 局所 SAR の推定には表面電界分布の他にファントム内部の電界分布が必要である。ファントム内部の電界分布推定は等価定理を用いた方法や過去の測定から得られた経験則及び損失媒質中の平面波減衰の式を変形した式より理論的または近似的に推定できることがわかった。

平成 22.4～平成 23.3

- (1) 軽量ファントムの設計法を確立した。軽量ファントムの表面インピーダンスの振幅が人体等価ファントムと等しければ、ファントム表面の電界分布をほぼ等しくできることがわかった。
- (2) 内部電界推定法を確立した。媒質内部の減衰項を媒質による減衰と電磁波の拡散による減衰に分け、軽量ファントム内部の電界から人体等価ファントム内部の電界を推定することができた。
- (3) 測定により妥当性を確認した。ダイポールアンテナを用いて電界プローブのアンテナファクタを決定し、携帯端末の局所 SAR を求めると解析値とほぼ等しくできた。

最終年度分 平成 23.4～平成 24.3

- (1) 広帯域軽量ファントムとして用いる電波吸収体の電気定数を設計した。軽量ファントムの表面インピーダンスの振幅が液体ファントムと等しくなるように電気定数を決定することで、広帯域にわたってファントム表面の電界分布が等しくなることを明らかにした。また、実際の電波吸収体の適用範囲を調査し、広帯域ファントムとして使用可能であることを示した。
- (2) 簡易測定法の妥当性を確認した。プローブの受信電圧から電界値を求めるためのアンテナファクタを FDTD 法により算出した。電波吸収体内部の電界測定値から吸収体表面及び液体内部電界分布を推定することで局所 SAR を求めた。TELEC 所有の標準測定装置による測定結果との差は 0.78 dB 以下となり、本測定法の妥当性を示した。

4. 調査研究成果の説明

得られた成果に対する自己評価

本調査研究で提案した電波吸収体ファントムを用いた簡易局所 SAR 測定法は、標準測定法の問題点である液体管理および長時間にわたる測定などを克服できる有効な手法であると考えます。本調査研究で課題として残った、電波吸収体の更なる広帯域化、プローブのアレー化による測定の更なる高速化、ならびに人体側頭部モデルの内部電界推定法の確立を行うことで、実用化が可能と考えます。

表面電界が一致する電気定数を持つ材料を用いる本提案手法の新規性や有効性が認められ、本研究成実は IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility に掲載された。また、2011 年 10 月 24 日(月)発行の電波タイムズの 1 面に「TELEC 高速 SAR 測定技術の研究開発を支援」という記事が掲載された。広く社会に本調査研究の成果を公開できたと考えます。

主な成果リスト

学術論文

1. N. Michishita, T. Watanabe, Y. Yamada, H. Arai, and T. Tanaka, "Simplified Local Specific Absorption Rate Measurement Method Using Lightweight Phantom Composed of Wave Absorber Embedded of Electric Field Probe," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol.54, no.1, pp.181-187, Feb. 2012.

国際会議

1. T. Watanabe, N. Michishita, and Y. Yamada, "Simplified method for measurement SAR by using phantom composed of wave absorber," *40th European Microw. Conf.*, pp.216-219, Paris, France, Sep. 2010.
2. T. Watanabe, N. Michishita, and Y. Yamada, "Surface electric field distributions of lightweight phantom composed of wave absorber for simplified SAR measurement," *Asia-Pacific Microw. Conf.*, pp.1352-1355, Yokohama, Dec. 2010.
3. T. Watanabe, N. Michishita, Y. Yamada, H. Arai, and T. Tanaka, "Estimation of Peak Spatial-average SAR of Inverted F-antenna on Metal Plate Using Lightweight Phantom Composed of Wave Absorber," *5th European Conf. Antennas Propag.*, pp.74-78, Rome, Italy, April 2011.
4. K. Ochiyama, N. Michishita, and Y. Yamada, "Electromagnetic Simulation of Surface Electric Field on Broadband Lightweight Phantom for Simplified SAR Measurement," *Int. Conf. Modeling Simulation Tech.*, pp.32-35, Tokyo, Oct. 2011.
5. N. Michishita, K. Ochiyama, and Y. Yamada, "Design of Broadband Lightweight Phantom Composed of Wave Absorber for Simplified SAR Measurement," *Int. Symp. Antennas Propag.*, Jeju, Korea, FrP2-47, Oct. 2011.

国内会議

1. 渡部他, 信学技報, ACT2009-15, pp.1-8, Feb. 2010.
2. 渡部他, 信学総大, B-4-44, March 2010.
3. 渡部他, 日本シミュレーション学会大会発表論文集, pp.481-484, June 2010.
4. 渡部他, 信学ソ大, B-4-5, Sep. 2010.
5. 渡部他, 信学技報, ACT2010-14, pp.41-48, Dec. 2010.
6. 渡部他, 信学総大, B-4-19, March 2011.
7. 道下他, 信学ソ大, B-1-206, Sep. 2011.
8. 落山他, 信学技報, ACT2011-2, pp.5-11, Sep. 2011.
9. 落山他, 信学技報, ACT2011-10, pp.11-14, Dec. 2011.