

令和元年6月12日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K06054

研究課題名(和文) 生体内電波伝搬に関する統合的研究とボディエリア通信への応用

研究課題名(英文) Research on generic in-body electromagnetic wave propagation and application for body area network

研究代表者

青柳 貴洋 (Aoyagi, Takahiro)

東京工業大学・工学院・准教授

研究者番号：10302944

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では生体内における電波伝搬およびその応用に関する研究を行った。生体内電波伝搬を用いるアプリケーションおよびシステムを設計するためにはその特性が明らかになることが必要であり、応用例として腹部の脂肪量をマイクロ波により測定するアプリケーションに関する検討を行った。まず、この計測に利用する矩形導波管のサイズおよび使用する複数の周波数の選択により測定精度を向上させられることを明らかにした。次に、人間の腹部を模擬した数値ファントムによりシミュレーション計算を行い、本測定法による測定およびニューラルネットワークによる推定モデルを作成した結果、良好な推定結果を得ることができることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会的意義として、これまで生体内の様相を精度良く測定するためには、CTスキャンなどの機材が必要であったが、本研究の成果によりCTスキャンよりは精度が低い、腹囲測定よりは高精度な腹部の脂肪量推定が低コストで行える可能性がある。例えば毎年の健康診断などで行うことにより、脂肪の蓄積によるメタボリックシンドロームを予防につながると考えられる。学術的異議としては、これまで、生体内でマイクロ波を用いて測定を行うアプリケーションは超音波やX線、MRI等に比べ多くなく、今後、高周波数化や高精度化を目指すことにより、従来これらの測定法ではできなかった検査が行えることも考えられ、今後の研究の発展が期待できる。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to investigate in-body electromagnetic wave propagation mainly for body area network tele communications and an application of it. As an application of in-body wave propagation, abdominal fat measurement, which is usually performed in annual health check, by microwave was chosen. On designing a system that use in-body wave propagation, characterization of in-body propagation channel is necessary. In this research, frequencies and geometry of the rectangular wave guide are investigated to perform efficient measurement of abdominal fat. As consider these with real human abdomen is difficult, numerical simulations are performed. As a result, an appropriate size and frequencies are found. In the simulations, layered cylindrical and elliptic model that emulates human abdomen are used for investigation. To estimate human abdomen from measured scattering coefficients, a neural network is used and successful estimations are used in certain accuracy.

研究分野：環境電磁工学

キーワード：電波伝搬 生体内計測 ボディエリアネットワーク ヘルスケア・医療情報通信技術 機械学習 散乱係数 貫通導波管法 腹部脂肪

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

一般的に、無線通信システムを設計するにあたり、電波伝搬チャネルモデルが必要となる。この電波伝搬チャネルモデルは古くは短波無線から携帯電話や室内 Wi-Fi に至るまで広く報告されている。一方、近年、ヘルスケアや医療における無線通信への応用を目的としたボディエリアネットワークの必要性が増している。ボディエリアネットワークは人体周辺における無線ネットワークであり、体内、体表、体外を相互に無線で接続し、センサーにより計測した生体の情報を伝送するものである。ボディエリアネットワークの電波伝搬チャネルについては、体表、体外の伝搬モデルについては多くの研究成果が報告されている一方、体内における電波伝搬についての報告は実験等の困難さのため報告は多くなく、知見を積み重ねることが望まれていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、体内での電波伝搬について明らかにすることである。電波を利用するには、その目的により、適切な周波数や帯域幅を選択する必要があるが、昨今の無線利用機器の増加に伴い、使用したい周波数が自由に利用できるとは限らない。そこで、無線システムの設計にあたっては、利用するアプリケーションを想定し、有効な測定や通信が行える周波数の選択を行う必要が生じる。このため、アプリケーションの側面から電波伝搬について研究を行うことが重要となる。本研究では生体内電波伝搬のアプリケーションのひとつとして、腹部の脂肪量をマイクロ波により測定することを想定した。よく知られているように、腹部に脂肪、特に内臓脂肪が蓄積することは、メタボリックシンドロームの原因となり、様々な病気を引き起こすため予防が重要となっている。このために、毎年の健康診断において腹囲を測定することが行われているが、その周囲長のみを基準としているため、精度はそれほど高くないと考えられる一方、高精度に腹部脂肪を測定するためには高額な CT スキャン測定が必要になる。そこで、本研究ではマイクロ波により腹部脂肪を測定するアプリケーションを通じて生体内部の電波伝搬の様相を明らかにし、より一般的な生体内電波伝搬モデル開発手法につなげることを目的とした研究を行った。

3. 研究の方法

生体内の電波伝搬について、実際に実験を行うことは容易でないため、研究は主に数値シミュレーションによりすすめる。生体内の電波伝搬をシミュレーション計算する上で必要な情報は、生体内部の構造とサイズおよび電気定数である。これらのうち、電気定数については既に報告されている脂肪および筋肉等の複素比誘電率を用いることができる。

また、サイズと構造については、初期段階については、複層の円筒や楕円などのシンプルな構造を用いて数値シミュレーションを行い、誘電率推定のモデル化が進んだ段階で数値人体モデル等の高精度のモデルを利用することとした。数値シミュレーションは生体内の電磁波計算で実績のある FDTD (Finite Difference Time Domain)法を採用し、市販ソフトウェア(XFDTD)にてシミュレーション計算を行い、測定システムの構造やサイズ、使用する周波数等のパラメータの最適化を行っていった。また、腹部脂肪の推定モデルとしては、将来的に多くのサンプルを入力とするモデルを作成することを想定し、機械学習(ニューラルネットワーク)を利用し

て、計算により求めた散乱係数の入力から腹部脂肪厚を推定するノンパラメトリックモデルを作成することとした。

4. 研究成果

まず、生体内電波伝搬利用アプリケーションのひとつとして、マイクロ波による腹部脂肪厚測定手法について提案した(報告[1])。

図1に電磁界シミュレータによるシミュレーションモデルを示す。

本モデルにより、腹部を模擬した円筒の厚みを変化させた状況で計算を行い、散乱係数(S11, S21)を取得した結果、脂肪厚の条件により複数周波数での係数変化を捉えることができた(図2)。これにより、本測定の原理により腹部脂肪厚の推定可能性を示すことができた。

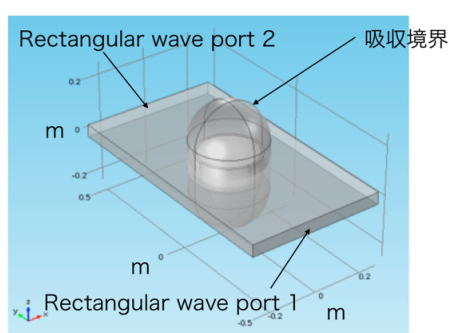


図1: 円筒モデルによる腹部脂肪測定シミュレーション(報告[1])

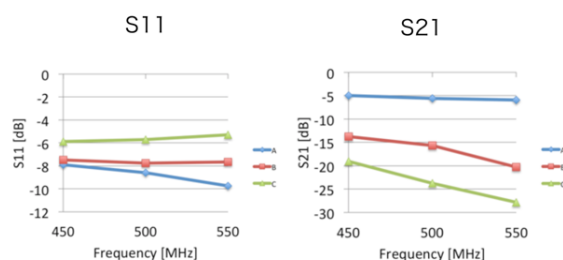


図2: 散乱係数周波数特性の腹部脂肪厚条件による差異(報告[1])

次に、実際に本測定法を適用するために、適切な周波数の検討を行った。その結果、利用の制限が少ない 2.45GHz での測定においても、同様に散乱係数の違いにより脂肪厚推定ができる可能性を示した(報告[2][4])。また、より実用的なサイズの導波管により測定が可能であることを確認した(図3)。

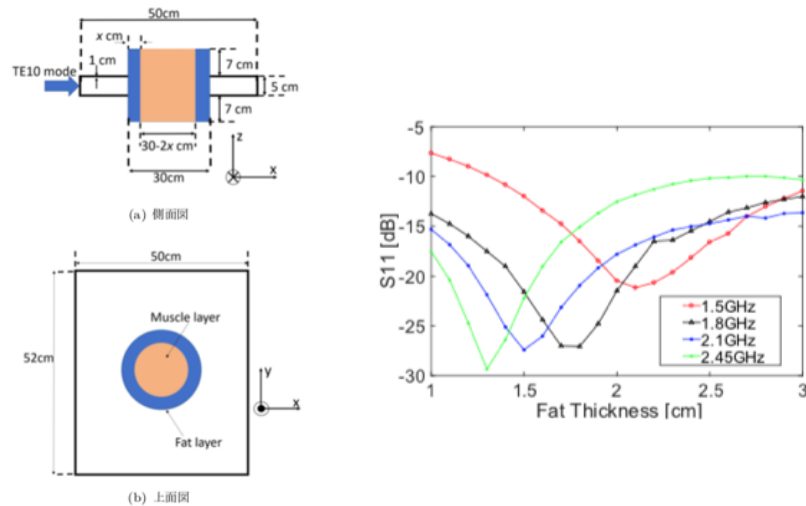


図 3: 2.45GHz による腹部脂肪厚推定モデルおよび、脂肪厚と散乱係数の関係(報告[2])

また、実際の人体により近いモデルとして、多層の楕円モデルを提案し、同様な検討を行った(報告[3])。その結果、楕円モデルにおいても良好な脂肪厚推定が行えることが示された。

さらに、実際の腹部の構造に近いモデルとして、数値人体モデルを用いた測定モデルを作成し、散乱係数のシミュレーション計算を行った(報告[5])。NICT より提供されている実際の人体に基づいた数値人体モデルの腹部を切り出し、リアルな腹部脂肪測定シミュレーションモデルを作成した(図 4)。作成したシミュレーションモデルで同様に散乱係数を計算し、個体による違いを観測した(図 5)。その結果、周波数毎の散乱係数による差異がみられ、実際の人体に近い数値人体モデルによる脂肪厚推定についても同様の推定モデルを構築することにより、腹部脂肪厚の推定が行える可能性を示した。

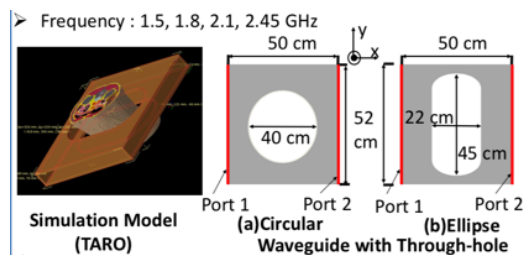


図 4: 数値人体モデルを利用した脂肪厚測定シミュレーションモデル(報告[5])

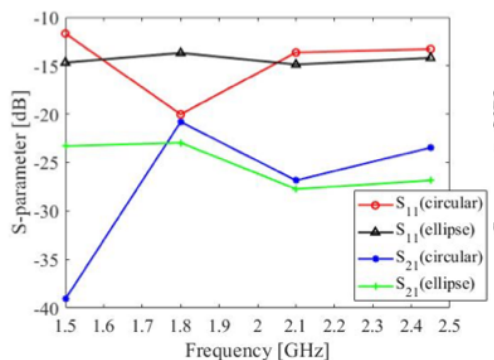


図 5: 数値人体モデルによる脂肪厚測定シミュレーションの散乱係数計算結果(報告[5])

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 5 件)

[1] マイクロ波を用いた内臓脂肪量測定 —導波管貫通法による腹部の比誘電率推定—, 青柳貴洋, 第55回日本生体医工学学会大会, 日本生体医工会誌 生体医工学. Vol. 54. Suppl. 1. p. 198. Apr 2016.

[2] 貫通孔導波管を用いたマイクロ波測定による腹部脂肪厚の推定に関する検討. 田中伸明, 青柳貴洋, 電子情報通信学会環境電磁工学研究会, 電子情報通信学会技術研究報告. vol. 118. no. 162. pp. 1-5, Jul 2018.

[3] 貫通孔導波管を用いたマイクロ波測定による腹部脂肪厚推定法の楕円モデルによる検討, 田中伸明, 青柳貴洋, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会. 電子情報通信学会ソサイエティ大会通信講演論文集. p. 1 (B-4-21), Sep 2018.

[4] Estimation Method of Abdominal Fat Thickness by Micro Wave. Nobuaki Tanaka, Takahiro Aoyagi, International Conference on Body Area Networks (BODYNETS 2018), Proc. BodyNets 2018. pp. 1-7, Oct 2018.

[5] Numerical Simulation of Abdominal Fat Measurement by Through-hole Wave Guide with Realistic Voxel Model, Nobuaki Tanaka, Takahiro Aoyagi, IEICE EMCJ, IEICE Tech. Rep.. vol. 118. no. 317. pp. 51-52. Nov 2018.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし