

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：32708

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750228

研究課題名(和文) 磁界励振型アンテナの共振結合利用した医療・ヘルスケア用人体周辺通信に関する研究

研究課題名(英文) Study on Body Area Network Using Magnetically-Coupled Antenna for Medical Treatment and Healthcare

研究代表者

越地 福朗 (KOSHIJI, Fukuro)

東京工芸大学・工学部・准教授

研究者番号：00610445

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、医療・ヘルスケアのためのボディエリア通信において、磁界励振型の送受信アンテナコイルを用いた人体周辺通信について電磁気学および電気回路理論の見地からアプローチし、その伝送特性について定性的、定量的に明らかにすることを目的とした。

その結果、姿勢変動に対する送受信アンテナ間の伝送特性や生体周囲の電磁界分布を明らかにし、さらに、アンテナコイルの設計、アンテナおよび人体(生体)を含めた電磁界共振結合通信システムの設計に重要かつ有効な知見を示した。

研究成果の概要(英文)：In the body area communication using magnetic coil antennas for medical treatment and healthcare, this study is aimed for qualitatively and quantitatively clarifying the transmission characteristics around the human body from the viewpoints of electromagnetism and electric circuit theory.

As a result, the transmission characteristics between transmitting and receiving antennas, and the electromagnetic fields around the body area against the posture change were clarified. In addition, important and useful knowledges for the design of coil antennas, and the design of electromagnetic resonant communication system including the antennas and the body were obtained.

研究分野：電磁波工学，アンテナ工学，人工環境学

キーワード：ボディエリアネットワーク ウェアラブル機器 共振結合 磁界 コイル アンテナ 人体 生体電磁波エネルギー吸収率

1. 研究開始当初の背景

世界の先進国を中心に、高齢化が急速に進んでおり、近年は、高齢者だけでなく、成人や若年層においても、健康意識が高まっている。また、健康社会を支える生体情報センシング機器や医療・生活支援機器などは、小型・軽量化が進み、Mobile (持ち運べる) から Wearable (着用できる) へと進化してきている。

特に、医療・ヘルスケア分野においては、各種センサを搭載したウェアラブル機器を人体周囲に分散配置し、体温、血流、心拍などの生体情報をリアルタイムにモニタリングし健康維持・管理に役立てるシステムが提案されている。さらに、位置情報や行動パターンなどを含めて、Body Area Network (BAN) と呼ばれる通信ネットワークを介して、情報のやりとりを行い、健康・医療に関する総合的なデータをビッグデータとして積極的に活用するシステムなども提案されている。

上述したように BAN は、健康社会を実現する根幹の通信技術として重要な位置づけにあり、良好な伝送特性が要求されるが、ウェアラブル機器が人体近傍で利用されるため、人体の姿勢変化や行動、周囲環境などに依存して伝送特性が変動するなど、BAN の実現には解決すべき課題は多い。

2. 研究の目的

本研究は、医療・ヘルスケアのためのボディエリア通信において、接触電極を用いる従来の通信技術 (人体通信) に比べて、伝送特性の大幅な改善が期待される磁界励振型の送受信コイル (以下、アンテナコイルと呼ぶ) による人体周辺通信 (Fig. 1) の信号伝送特性を電磁気学および電気回路理論の見地から、定性的、定量的に明らかにする。

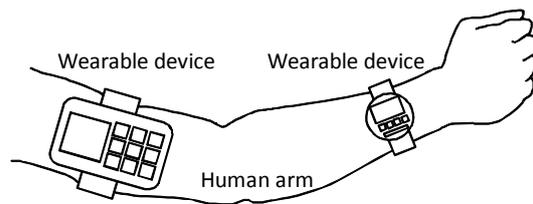
さらに、実用化を視野に入れ、設計論的立場から、アンテナコイルの構造に対する入力インピーダンス特性や人体の姿勢変動などに対する送受信アンテナコイル間の伝送特性など、システムの性能に関わるパラメータの検討を行い、さらには SAR による生体安全性評価を行うことで、従来のボディエリア通信の伝送品質や伝送特性などの技術課題を根本的に解決し、実用化が可能な技術へと発展させることが目的である。

3. 研究の方法

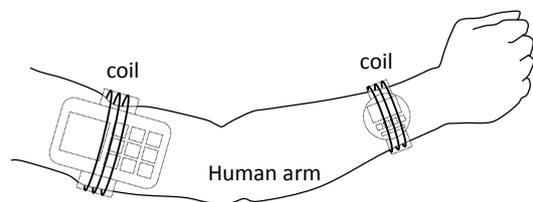
本研究では、磁界励振型アンテナコイルを利用するボディエリア通信において、数値電磁界解析によって、送受信アンテナ間の電磁界の伝搬状態、人体内および周囲の電磁界分布、SAR 評価による電磁波に対する生体安全性などを検討し、並行して生体等価ファントムを用いた実測による検討を行う。これにより、磁界励振型のアンテナを用いたボディエリア通信における信号伝送特性の詳細を定性的、定量的に明らかにする。具体的な検討

では、腕部や胴体部分などの局所的なエリアにおける通信から、人体全身および周辺エリアを含めた通信の検討へと段階を踏んで進めていく。

最終的には、アンテナ構造パラメータに対するアンテナの入力特性、姿勢変動を含む送受信アンテナ間の伝送周波数特性、電磁界分布について、電磁気学および電気回路理論の見地からまとめ、アンテナコイルの設計手法、および、アンテナおよび人体 (生体) を含めた電磁界共振結合通信システムのシス



(a) Body Area Network between wearable devices put on upper- and fore-arms



(b) Coil alignment in wearable devices

Fig. 1 Body Area Network using electromagnetic resonance coupling

テム設計手法などの確立を目指す。

4. 研究成果

(1) 平成 26 年度は、人体とアンテナを含む伝送系を単純化した円柱状腕部モデル (Fig. 2 (a)) および MRI 撮影データに基づく生体組織を詳細に再現したモデル (Fig. 2 (b)) の 2 種類を構成し、数値電磁界解析によって、送受信アンテナ間の電磁界分布、さらに電磁界の生体との相互作用の検討を行った。また、並行して生体等価ファントム (Fig. 3) を用いた実測による実験的検討を行った。

その結果、数値解析によって得られる電磁界分布から、磁界励振型アンテナを用いることで、非磁性である人体の影響を受けにくく、送信アンテナから受信アンテナへと効果的に伝送可能であり、接触電極を利用する従来の電界励振型の人体通信よりも良好な伝送特性が得られることを明らかにした。

また、MRI 撮影データに基づく生体組織を詳細に再現したモデルと、腕部を単純化した円柱状筋肉均一媒質モデルを用いた場合の電磁界解析を行い、さらに、生体等価ファントムを用いた伝送特性の実測を行い、円柱状筋肉均一媒質の腕部モデルの解析結果が、MRI 撮影データに基づいた生体組織の詳細を考慮したモデルを用いた解析結果、および、

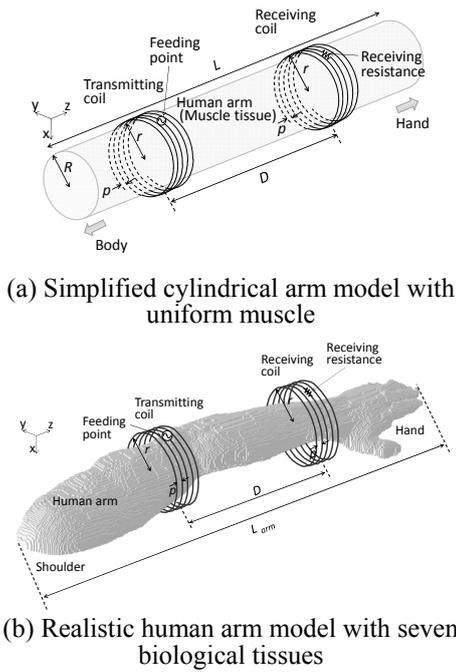


Fig. 2 Human arm models for electromagnetic field analyses

生体等価ファントムを用いた実測結果と良

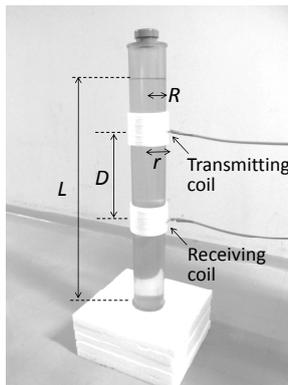


Fig. 3 Phantom arm model for measurements

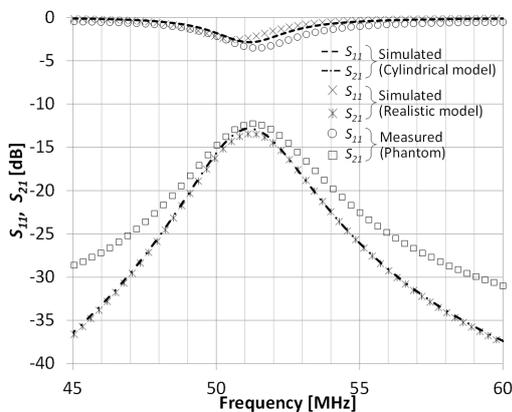


Fig. 4 Reflection characteristics S_{11} and transmission characteristics S_{21} between transmitting and receiving coils

く一致することを明らかにし、円柱状筋肉均一媒質の腕部モデルを用いることで、実際の

装着状態に極めて近い検討が可能であることを示した。(Fig. 4)

(2) 平成 27 年度は、日常生活での利用を想定したより具体的な検討へと研究を進め、日常生活における姿勢変動に対する伝送特性変動や電磁界分布を数値電磁界解析および生体等価ファントムを用いた試作・実測による実験的検討を行った。一例として、リストバンド型のウェアラブル機器を想定し、送受信アンテナを上腕と前腕に装着した場合の腕部の折り曲げ角度に対する伝送特性変動は、数 dB 以下であり、姿勢変動に対して安定した通信が可能であることを確認した。

さらに、磁界励振型アンテナを用いたボディアエリア通信は新しい通信方式であるため、人体の電磁波防護の観点から、人体近傍に配置される磁界励振型アンテナから放射される電磁波に対する生体安全性についても検討を行った。生体安全性については、生体の電磁波エネルギー吸収率である局所 Specific Absorption Rate (SAR) 値によって評価を行い、アンテナ出力電力が 1mW 程度の場合には、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) によって定められた国際ガイドラインや総務省の定める SAR 制限値の 1/300 以下であり、十分な電磁的生体安全性が確認された。(Fig. 5)

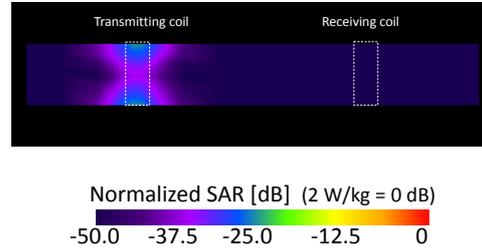


Fig. 5 Specific absorption rate distribution

本研究で得られた成果は、腕部装着型電磁界共振結合通信システム設計時の重要な知見として役立つものと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

- ① 越地福朗, IoT/M2M 機器のためのアンテナの小型化・マルチバンド化・広帯域化”, エレクトロニクス実装学会学会誌, 査読無, Vol. 18, No. 5, pp. 368-371, 2015. 招待記事.
- ② 越地福朗, “スマートライフを加速する人体通信技術”, エレクトロニクス実装学会学会誌, 査読無, Vol. 18, No. 6, pp. 400-406, 2015. 招待記事.
- ③ 越地福朗, 越地耕二, 村松大陸, 佐々木健, 人体通信用ウェアラブル電極のギガヘルツ帯パーソナルエリアネットワーク用アンテナとしての利用の提案と検討, 日本 AEM 学会誌, 査読有,

Vol. 23, 2015, No. 2, pp. 288-293, 2015.

- ④ 越地福朗, 越地耕二, 村松大陸, 佐々木健, ウェアラブルコイルの磁界結合を利用した人体周辺通信における腕部折り曲げ時の伝送特性および周辺電磁界分布の検討, 日本AEM学会誌, 査読有, Vol. 23, No. 2, pp. 294-301, 2015.

[学会発表] (計 3 1 件)

国際会議

- ① Yusuke FUJITA, Fukuro KOSHIJI, Kohji KOSHIJI, Electromagnetic Characteristics of Body Area Network Using Magnetically-Coupled Wearable Coils Worn on Bent Arm, International Conference on Electronics Packaging 2016 (ICEP 2016), 2016年4月20日. 札幌市教育文化会館 (北海道札幌市)
- ② Tomohiro YAMADA, Shota Zempo, Fukuro KOSHIJI, Kohji KOSHIJI, “Broadband Antenna with Asymmetrical Radiating Elements for Cognitive Radio System”, International Conference on Electronics Packaging 2016 (ICEP 2016), 2016年4月20日. 札幌市教育文化会館 (北海道札幌市)
- ③ Ken SASAKI, Dairoku MURAMATSU, Naruto ARAI, Fukuro KOSHIJI, Evaluation of Ground Loop Through the Floor in Human Body Communication, IEEE International Symposium on Medical Information and Communication Technology, 2016年3月23日. ウェスター工科大学 (アメリカ, マサチューセッツ州) 招待講演
- ④ Fukuro KOSHIJI, Wireless Body Area Network Using Magnetically-Coupled Wearable Coils, IEEE CPMT Symposium Japan 2015 (ICSJ 2015), 2015年11月11日. 京都リサーチパーク (京都府京都市) 招待講演
- ⑤ Fukuro KOSHIJI, Yusuke FUJITA, Kohji KOSHIJI, Transmission Characteristics and Biocompatibility of Body-Centric Network Using Magnetically-Coupled Wearable Coils Worn on Bent Arm, 2015 Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC 2015), 2015年11月3日. ラフバラー大学 (イギリス, ラフバラー)
- ⑥ Yusuke FUJITA, Fukuro KOSHIJI, Kohji KOSHIJI, “Transmission Characteristics Through the Bent Arm Wearing Magnetically-Coupled Coils for Body Area Communication”, The 4th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2015), 2015年10月29日. グランキューブ大阪 (大阪府大阪市)
- ⑦ Shota Zempo, Fukuro KOSHIJI, Kohji

KOSHIJI, “Heightening Upper Limit Frequency of Wideband Antenna Using Asymmetrical Radiating Elements, The 4th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2015), 2015年10月29日. グランキューブ大阪 (大阪府大阪市)

- ⑧ Dairoku MURAMATSU, Fukuro KOSHIJI, Kohji KOSHIJI, Ken SASAKI, Multilayered Phantom for Input Impedance Evaluation of Human Body Communication Electrodes, 10th EAI International Conference on Body Area Networks, 2015年9月29日. ザ・メンジューズ シドニー (オーストラリア, シドニー)
- ⑨ Dairoku MURAMATSU, Fukuro KOSHIJI, Kohji KOSHIJI, Ken SASAKI, Effect of User’s Posture and Device’s Position on Human Body Communication with Multiple Devices, International Conference on Electronics Packaging & iMAPS All Asia Conference 2015 (ICEP-IAAC2015), 2015年4月15日. 京都テルサ (京都府京都市)

国内会議

- ① 越地福朗, スマートライフ・ヘルスケアを支える人体通信技術, 電気学会 2016年総合大会講演論文集, 2016年3月18日. 東北大学川内キャンパス (宮城県仙台市)
- ② 越地福朗, 藤田佑輔, 越地耕二, 腕部に装着されたウェアラブルコイルの磁界結合を利用するボディエリアネットワーク, 電子情報通信学会 2016年総合大会, 2016年3月16日. 九州大学伊都キャンパス (福岡県福岡市)
- ③ 越地福朗, スマートライフを加速するボディエリア通信技術, エレクトロニクス実装学会マイクロ・ナノファブリケーション研究会第27回公開研究会, 2015年12月16日. 回路会館 (東京都杉並区) 招待講演
- ④ 越地福朗, 藤田佑輔, 越地耕二, 村松大陸, 佐々木健, 据え置き型人体通信機器と腕部装着型人体通信用ウェアラブル電極間の大地グラウンドを考慮した電磁界解析, 第24回 MAGDA コンファレンス, 2015年11月13日. 東北大学 (宮城県仙台市)
- ⑤ 越地福朗, 自動車システムにおける電磁界インターフェース設計, ソリューションフォーラム・EMC フォーラム, 2015年10月21日. 池袋サンシャインシティ文化会館 (東京都豊島区)
- ⑥ 越地福朗, 磁界結合を利用したボディエリアネットワーク伝送特性と電磁界分布の検討, エレクトロニクス実装学会システム Jisso-CAD/CAE 研究会平成27年

- 度第1回公開研究会, 2015年7月27日.
回路会館(東京都杉並区)招待講演
- ⑦ 越地福朗, 自動車システムにおける電磁界インターフェース-アンテナからワイヤレス電力伝送, 人体通信まで-, エレクトロニクス実装学会カーエレクトロニクス研究会平成27年度第1回公開研究会, 2015年7月13日. 回路会館(東京都杉並区)招待講演
- ⑧ 越地福朗, 越地耕二, 村松大陸, 佐々木健, ウェアラブルコイルの磁界結合を利用した人体周辺通信における腕部折り曲げ時の伝送特性の検討, JPCA Show 2015 アカデミックプラザ, 2015年6月3日. 東京ビッグサイト(東京都江東区)
- ⑨ 越地福朗, 腕部に装着された磁界結合を利用するウェアラブルアンテナの伝送特性と生体安全性の検討, 電子情報通信学会 情報の認知と行動研究会第3回ワークショップ, 2015年2月27日. 情報通信研究機構(東京都小金井市).
- ⑩ 越地福朗, 越地耕二, 村松大陸, 佐々木健, ウェアラブルコイルの磁界結合を利用した人体周辺通信における腕部折り曲げ時の伝送特性および周辺電磁界分布の検討, 第23回MAGDAコンファレンス, 2014年12月5日. サンポートホール(香川県高松市)
- ⑪ 越地福朗, 越地耕二, 村松大陸, 佐々木健, メガヘルツ帯の人体通信とギガヘルツ帯のパーソナルエリアネットワークに対応するウェアラブル電極の提案と検討, 第23回MAGDAコンファレンス, 2014年12月5日. サンポートホール(香川県高松市)MAGDAコンファレンス優秀講演論文賞受賞
- ⑫ 越地福朗, 越地耕二, 村松大陸, 佐々木健, “スマートライフを加速する人体通信技術”, 2014 System Packaging Japan Workshop (SPJW2014), 2014年10月22日. 富士通株式会社(神奈川県川崎市)招待講演
- ⑬ 越地福朗, 越地耕二, 松本尊志, 村松大陸, 佐々木健, 自動車内における人体通信の検討-左右前腕部とハンドル間の伝送特性-, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2014 (LIFE2014), 2014年9月26日. ルスツリゾート(北海道虻田郡)
- ⑭ 越地福朗, 越地耕二, 秋山侑祐, 村松大陸, 佐々木健, 人体通信とパーソナルエリアネットワークのためのウェアラブル電極の検討, 第24回マイクロエレクトロニクスシンポジウム, 2014年9月4日. 大阪大学吹田キャンパス(大阪府吹田市)

[図書] (計1件)

- ① 越地福朗, IoT ビジネス・機器開発における潜在ニーズと取り組み事例集, 技術情報協会出版, 第三編 第2章,

IoT/M2M 機器のためのアンテナの小型化・マルチバンド化・広帯域化技術, pp.143-148, 2016.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

越地 福朗 (KOSHIJI, Fukuro)
東京工芸大学・工学部・准教授
研究者番号: 00610445