

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：32708

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12812

研究課題名（和文）生体深部から生体周囲を通信エリアとする革新的ボディアリアネットワークに関する研究

研究課題名（英文）Study on innovative body area networks for the deep inside and around the living body

研究代表者

越地 福朗（KOSHIJI, Fukuro）

東京工芸大学・工学部・教授

研究者番号：00610445

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、申請者が提案する磁界励振型の送受信アンテナによる生体周辺通信を、生体周囲のみならず生体内部・深部へと拡張し、生体内外を通信エリアとする次世代の新しいボディアリア通信へと発展させるべく取り組んだものである。生体内外に配置されるアンテナの構造に対するアンテナ特性や伝送特性を明確化するとともに、電磁環境両立性についても明らかにした。また、アンテナの装着性や機能拡張を考慮し、アンテナの透明化や生体情報センシングについても発展的に検討し、その可能性を示した。本研究によって得られた知見は、従来のボディアリア通信の伝送品質や伝送特性などの技術課題を解決する重要かつ有効なものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案・検討した磁界励振型送受信アンテナによる人体周辺通信は、従来の電界励振型アンテナを利用するものに比べて生体の影響を受けにくい。そのため、生体周囲のみならず生体内部・深部へと拡張し、生体内外を通信エリアとする次世代の新しいボディアリア通信へと発展させることが可能となる。さらに、提案アンテナを利用することで、通信のみならず、センシングが可能であることも発展的に示した。本研究の成果は、健康意識が高まる現代社会において、次世代の通信・センシング機能を両立するデバイス・システム開発の知見として重要かつ有効なものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, the communication area of the body area network, which was previously limited only to the area around the living body, was expanded to include not only the area around the living body but also the area deep inside the living body. We have clarified the antenna characteristics and transmission characteristics of antennas placed inside and outside the body, and also clarified the electromagnetic compatibility including electromagnetic biosafety. We have further investigated and demonstrated the possibility of making the antenna transparent and of sensing biometric information with a communication antenna, taking into account the wearability of the antenna and the extension of its functionality. The findings obtained through this research are important and effective in solving technical issues such as transmission quality and transmission characteristics of conventional body area communications.

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：ボディアリアネットワーク ウェアラブル機器 インプラントブル機器 磁界 コイル アンテナ 人体 生体電磁波エネルギー吸収率

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

近年、世界の先進国を中心に、高齢化が急速に進んでおり、高齢者のみならず、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、さらには Implantable (埋め込みできる) へと発展しつつある。

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生体近傍に分散配置し、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おり、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る。しかしながら、人工臓器等のインプラントブル機器は、一度手術によって生体内に配置されると外部からの物理的なアクセスが困難となるため、機器の状態把握やメンテナンスのためにインプラントブル機器との安定した通信手段が必要不可欠となる。

このように、今後、ユーザーが BAN を介してより高度でタイムリーな医療・ヘルスケアサービスを受用するためには、BAN を、生体周囲のみならず、生体内部・深部に配置される人工臓器等のインプラントブル機器との通信や、ビッグデータや人工知能(AI)にアクセスするための 5G、6G などの外部ネットワークとの通信へと拡張・連携させることが重要となる。しかしながら、BAN の伝送特性は、高誘電率、かつ損失性の媒質である生体組織の電気特性や機器周囲の環境など考慮する必要があり、さらには生体の姿勢変化、動作・振る舞いなどにも依存する。そのため、従来の BAN は人体周囲の通信に限定したものがほとんどであり、生体内外を通信エリアとするシームレスな BAN の実現には解決すべき課題が多い。

2. 研究の目的

本研究は、従来、生体周囲に限定されていた BAN を、生体周囲のみならず生体内部、さらには深部へと拡張し、生体内外を通信エリアとするシームレスな次世代の新しいボディエリア通信へと発展させるものである。高誘電率、かつ損失性の媒質である生体内外に配置されたアンテナ間の伝送特性やアンテナ入力インピーダンス、送受信アンテナが生体内外につくる電磁界分布など、ボディエリア通信システムの設計に関わるパラメータを定性的、定量的に明らかにし、電磁気学および電気回路理論的見地から、システム設計方法の明確化を目指す。また、提案するシームレスなボディエリア通信システムの実用化を視野に、アンテナの小型化やフレキシブル化などの実装方法や、電磁環境両立性(イミュニティ評価や SAR による生体安全性評価)についても検討する。以上のことを総合的に取り組み、次世代のワイヤレスボディエリア通信技術へと発展させることが目的である。

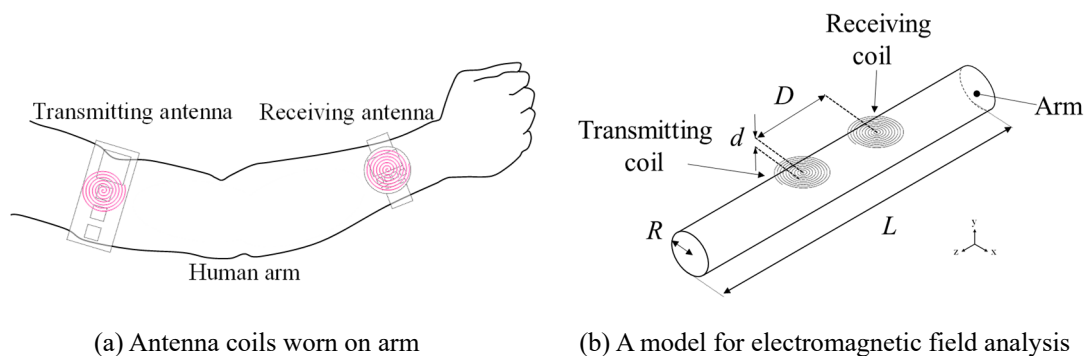


Fig. 1 Magnetically-coupled body area network proposed in this study

3. 研究の方法

我々は、これまでの研究を通じて、磁界励振型アンテナにより、生体周囲のみならず、生体内にも強い磁界分布が得られ、BAN を生体深部との通信へと拡張できる可能性を見いだしている。本研究では、これまでの研究で得られた知見・課題をもとに、実用化も視野に入れ、以下のように研究を進めた。

提案する生体内外を通信エリアとするシームレスなボディエリア通信の検討においては、生体内外に配置されたアンテナの設計と、そのアンテナが生体内および周囲につくる電磁界分布を明らかにすることが重要である。そのために、本研究では、数値電磁界解析によって、アンテナ入力インピーダンスや、送受信アンテナ間の伝送特性、および生体内外につくられる電磁界分布、SAR 評価による電磁波に対する生体安全性や電磁ノイズに対するイミュニティを検討しつつ、これと並行して生体等価ファントムなどを用いた実測による実験的検討を行った。

4. 研究成果

(1) 腕部装着型アンテナの提案と検討

生体表面にアンテナを配置して通信を行うボディエリア通信において、従来は、ヘリカル構造のような立体的なものを用いてきたが、本研究では、平面型のスパイラル構造を新たに提案し、その有効性を示した。また、アンテナが平面ではなく、生体の表面に沿うかたちで曲率的にスマートに配置することができれば、より実用的なウェアラブルアンテナとなる。ここでは、図2のように、曲面状の腕部に沿って、スパイラルコイルを湾曲させて配置する検討を行い、アンテナ構造や形状に対する最適動作周波数（共振周波数）や、送受信アンテナ間の伝送特性、また、アンテナが生体内外に形成する電磁界分布などの検討を行った。

図3は、提案する湾曲構造のアンテナと平面形状のアンテナを用いた場合のアンテナ間距離に対する伝送特性を示したものである。同図からわかるとおり、アンテナの湾曲変形に対する伝送特性変動は数dB程度と小さく、良好な伝送特性を維持したまま通信が可能であることが確認された。また、図4は、湾曲状アンテナが生体内外に形成する磁界分布を示したものである。同図からわかるとおり、提案アンテナは磁界を励振するコイル型のアンテナであり、高誘電率である生体の影響を大きく受けずに、生体周囲のみならず、生体内においても、効果的に通信エリアを形成できることがわかる。

また、日常生活において、インプラントブル機器やウェアラブル機器を装着して生活することを考えると、図5のような、人体の動作にともなうコイルの位置ずれなどに対する送受信アンテナ間の伝送特性や電磁界分布の検討も必要不可欠である。図6は、受信コイルの位置ずれ（相対角度 θ ）に対する伝送特性の検討結果の一例である。同図からわかるとおり、受信コイルの位置ずれにともない伝送特性は低下するものの、良好な伝送特性が維持されていることが確認できる。

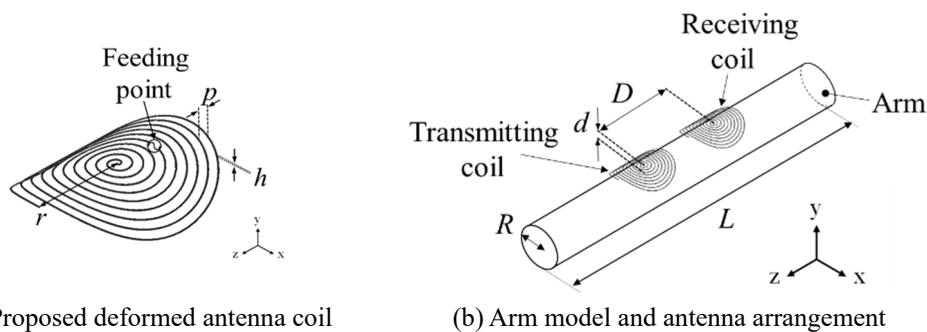


Fig. 2 Electromagnetic field analysis model

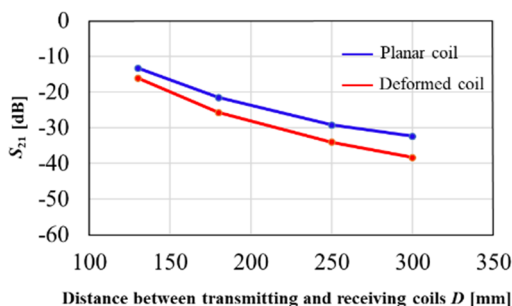


Fig. 3 Transmission characteristics S_{21} for distance between antennas

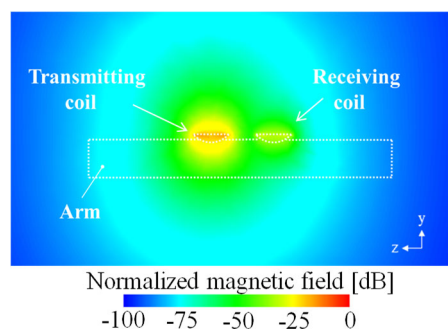


Fig. 4 Magnetic field distribution

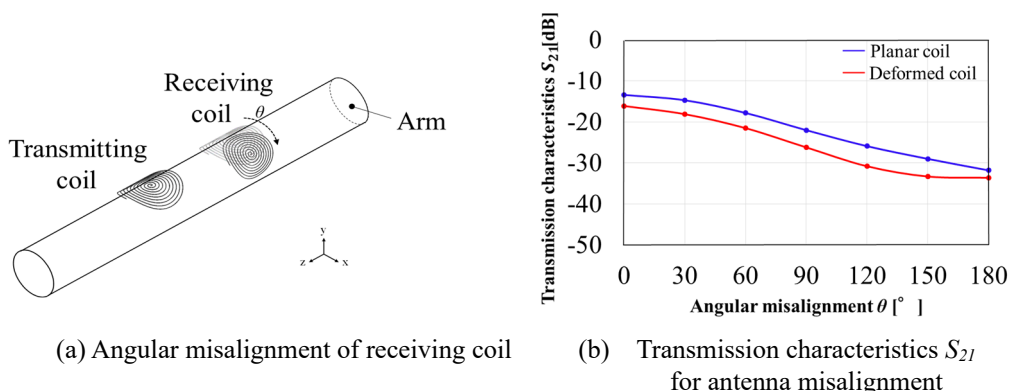


Fig. 5 Models for electromagnetic field analyses

(2) 生体深部との通信への拡張と電磁的生体安全性の検討

近年、人工臓器などの体内に埋め込むタイプのインプラントブルデバイスが登場している。こうした体内に配置されたインプラントブルデバイスは、一度手術によって生体内に配置されると外部からの物理的なアクセスが困難となる。そのため、デバイスの制御や状態把握のために、これらのインプラントブルデバイスとの情報通信が必要不可欠である。

ここでは、図7のように、胴体部を対象とし、送受信スパイラルアンテナを生体内外にそれぞれ配置したときの、受信アンテナの深さ（体表からの距離）に対する伝送特性を検討する。図8は、生体表面に配置された送信アンテナと生体内に配置された受信アンテナ間の伝送特性を示したものである。同図からわかるとおり、受信アンテナの生体表面からの距離が増加するにつれて伝送特性は低下するが、生体の最深部に位置する82.15 mmであっても、 $S_{21} = -25.3$ dBが得られており、良好な伝送特性が維持されていることが確認できる。このことから、生体周囲のみならず、生体内部・生体深部へと通信エリアを拡張することができ、生体内外にシームレスかつ効果的に通信エリアを形成できることがわかる。また、図9は、提案アンテナが励振する磁界を示したものである。同図からわかるとおり、生体深部を含めた生体内外に効果的に通信エリアを形成できることがわかる。

さらに、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、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 Specific absorption rate (SAR)制限値と照らし合わせて評価を実施した。図10(a)は生体深部に配置されたアンテナを、(b)は生体表面に配置されたアンテナを、それぞれ10 mWの送信電力で励振した場合のSAR分布を示したものである。同図からわかるとおり、いずれの場合も2W/kg以下となり、電磁的生体安全性も確保されていることが確認された。

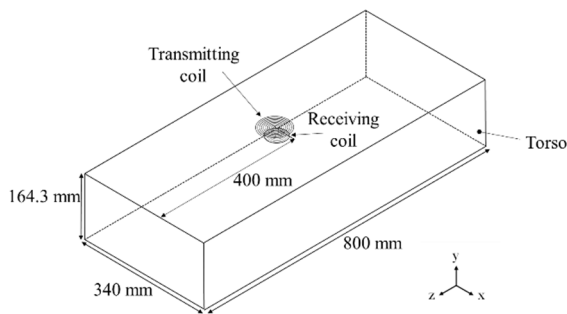


Fig. 7 Torso model for electromagnetic field analysis

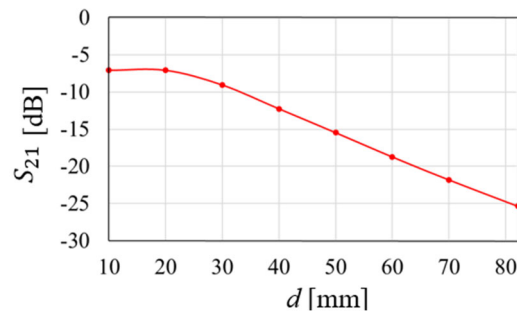


Fig. 8 Transmission characteristics S_{21} for distance between antennas

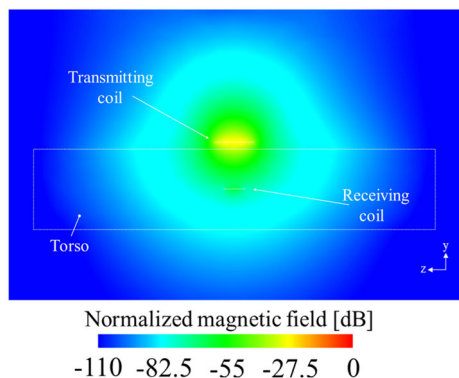


Fig. 9 Electromagnetic field distribution

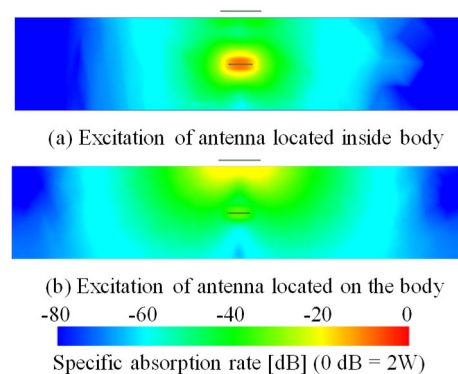


Fig. 10 Specific absorption rate (SAR) distribution

(3) アンテナの透明化

腕時計型デバイスに代表されるウェアラブル機器は、ファッションアイテムのひとつであり、衣服やアクセサリとの調和を考慮したものであることが望まれる。我々は、その最も柔軟なカタチが「透明」であると考え、アンテナの透明化に取り組んだ。図1は、検討した透明アンテナの一例であり、Indium Tin Oxide (ITO)透明導電膜で構成したアンテナである。同図からわかるとおり、Fig. 3は、0.7 mmのガラス板上に膜厚300 nmのITO透明導電膜(シート抵抗5 Ω , 導電

率 $\sigma = 6.7 \times 10^5$ S/m、平均可視光透過率 82.3 %)を形成している。図 12 は、図 11 に示すアンテナの反射特性 S_{11} を示したものである。同図からわかるとおり、3 GHz 付近で共振しアンテナとして動作することが確認できる。このほか、IEEE 802.15.6 に準拠する Ultra-wideband (UWB)通信対応の超広帯域アンテナも実現している。

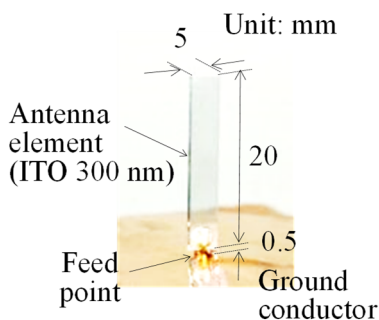


Fig. 11 Proposed transparent monopole antenna

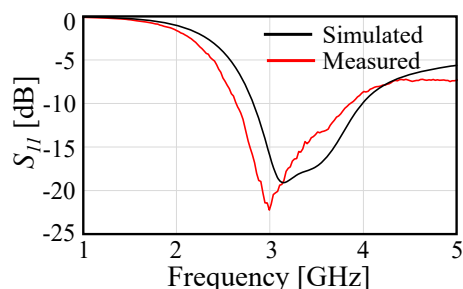


Fig. 12 Reflection characteristics S_{11}

(4) 通信用アンテナを利用した生体情報センシング

近年、医療・ヘルスケア分野において、日常的な生体情報センシング技術に関心が集まっている。センサによって得られた生体情報は、BAN を介して、他の機器と通信し、情報共有や連携がなされるが、これまでセンサと通信は、別々に検討されてきた。しかしながら、人体周囲で利用されるセンサと通信機器は一体であり、両者を統合した検討が必要不可欠である。

本研究では、その一例として、コイル型の通信用アンテナによる生体情報センサとしての応用を検討した。図 13 は、センシングシステムの構成を示したものである。同図からわかるとおり、胸部にコイルを配置することで、インピーダンスアナライザによってインピーダンスの時間変化を測定することで、心拍などの信号を取得することができる。図 14 は、提案システムによって測定した心拍信号の一例である。同図からわかるとおり、通信用アンテナによって、通信のみならず、生体情報センシングが可能である。このほか呼吸などの生体情報信号も取得できることを確認しており、通信とセンシングを両立するインターフェースへと発展させることができる。本研究は、東京工芸大学研究倫理審査会の承認（承認番号:倫 2022-16）を経て実施されたものである。

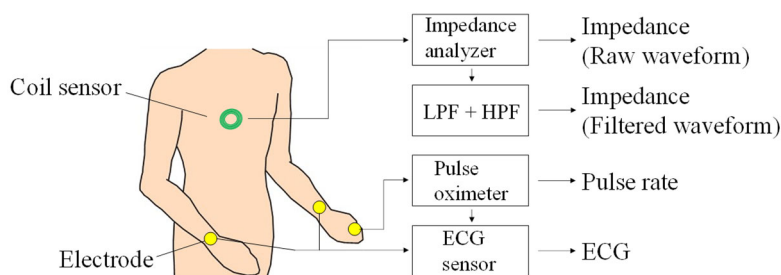


Fig. 13 Sensing system configuration

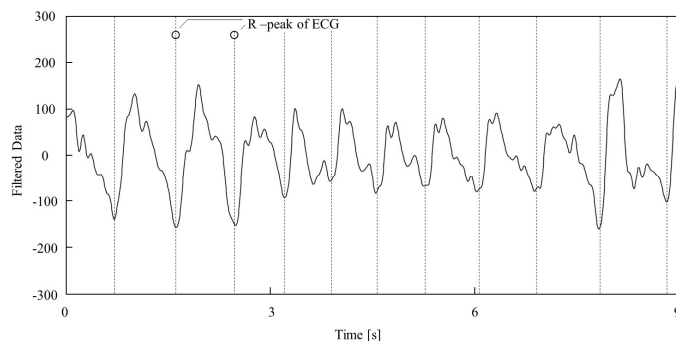


Fig. 14 Detected heart beat signal using proposed system

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yoji YASUDA, Yuri YAMADA, Fukuro KOSHIJI, Shin-ichi KOBAYASHI, Takayuki UCHIDA, Yoichi HOSHI	4. 巻 794
2. 論文標題 Effect of annealing treatment of indium tin oxide thin films on film properties and transparent antenna properties	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 140295-140295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2024.140295	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 越地福朗	4. 巻 7
2. 論文標題 IoT・AI時代のアンテナシステムと電磁的生体安全性	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 総合危機管理	6. 最初と最後の頁 33-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fukuro Koshiji, Yoji Yasuda, Yuri Yamada, Katsumi Yamada, and Takayuki Uchida	4. 巻 15
2. 論文標題 Transparent antenna with high radiation efficiency and high optical transmittance using dielectric-metal-dielectric composite materials based on ITO/Ag/ITO multilayer film	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging	6. 最初と最後の頁 pp.E22-001-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5104/jiepeng.15.E22-001-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miho HASEGAWA, Fukuro KOSHIJI, Takayuki UCHIDA, Katsumi YAMADA	4. 巻 62
2. 論文標題 Anomalous transmission of polypyrrole film on gold nanoparticle-immobilized electrode	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG8001-1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acb35d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計86件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 Haruto SHINAGAWA, Fukuro KOSHIJI
2. 発表標題 Superior Transmission Characteristics of Human Body Communication Using MHz bands over Radio-wave Wireless Communication using GHz bands
3. 学会等名 2023 IEEE Global Conference on Consumer Electronics 2023 (GCCE2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoji YASUDA, Yuri YAMADA, Fukuro KOSHIJI, Shin-ichi KOBAYASHI, Takayuki UCHIDA, Yoichi HOSHI
2. 発表標題 Effects of Atmospheric Annealing on Transparent Antenna Properties of ITO Thin Films
3. 学会等名 TACT2023 International Thin Films Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Fukuro KOSHIJI
2. 発表標題 A Flexible Broadband Antenna with Semicircular and Trapezoidal Elements Made of Conductive Fabric for Integration with Clothing
3. 学会等名 46th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Fukuro KOSHIJI
2. 発表標題 Transmission Characteristics of Transcutaneous Communication Between Coils Placed on the Body Surface and Deep Inside the Body
3. 学会等名 46th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 品川陽斗, 越地福朗
2. 発表標題 人体通信と電波通信における人体周囲につくられる電磁界分布の検討
3. 学会等名 JPCA Show 2023 アカデミックプラザ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市川達大, 越地福朗
2. 発表標題 腕部上に配置する通信用スパイラルコイルの位置ずれに対する伝送特性と磁界分布の検討
3. 学会等名 JPCA Show 2023 アカデミックプラザ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 品川陽斗, 越地福朗
2. 発表標題 人体周囲に配置されたダイポールアンテナがつくる電磁界分布の周波数依存性の検討
3. 学会等名 令和5年度電気学会東京支部第13回学生研究発表会電気学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市川達大, 越地福朗
2. 発表標題 スパイラルコイルを利用した経皮的情報伝送システムにおける伝送特性の検討
3. 学会等名 令和5年度電気学会東京支部第13回学生研究発表会電気学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 品川陽斗, 越地福朗
2. 発表標題 人体近傍に配置されたアンテナが人体周囲につくる電磁界分布と伝送特性の検討
3. 学会等名 第33回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市川達大, 越地福朗
2. 発表標題 スパイラルコイルを利用した経皮的情報伝送システムにおける伝送特性の検討
3. 学会等名 第33回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 品川陽斗, 越地福朗
2. 発表標題 ISMバンドにおける人体周囲に配置されたダイポールアンテナが人体周囲につくる電磁界分布の検討
3. 学会等名 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2023(LIFE2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市川達大, 越地福朗
2. 発表標題 スパイラルコイルを利用した経皮的情報伝送の伝送特性の検討
3. 学会等名 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2023(LIFE2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 越地福朗
2. 発表標題 IoT時代に対応するアンテナの高性能化 - 広帯域化, 高利得化, 円偏波化, 透明化技術に着目して -
3. 学会等名 エレクトロニクス実装学会システム設計研究会 2023年度第2回公開研究会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuri YAMADA, Fukuro KOSHIJI, Yoji YASUDA, Katsumi YAMADA, Takayuki UCHIDA
2. 発表標題 Reduction of Sheet Resistance and Improvement of Radiation Efficiency by Annealing Treatment of ITO Transparent Antenna
3. 学会等名 International Conference on Electronics Packaging 2022 (ICEP 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miho HASEGAWA, Yoji YASUDA, Fukuro KOSHIJI, Takayuki UCHIDA, Katsumi YAMADA
2. 発表標題 Study of factors affecting the stability improvement of electrochromic devices by preparation conditions of Au nano-particles
3. 学会等名 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 越地福朗
2. 発表標題 IoT・AI時代のアンテナシステムと電磁的生体安全性
3. 学会等名 第6回総合危機管理学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 品川陽斗, 越地福朗
2. 発表標題 コイルを用いた血管の膨張・収縮センサによる心拍検出の検討
3. 学会等名 JPCA Show 2022 アカデミックプラザ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuri YAMADA, Fukuro KOSHIJI, Yoji YASUDA, Takayuki UCHIDA, Katsumi YAMADA, Kohji KOSHIJI
2. 発表標題 Analysis of Reflection Characteristics and Radiation Efficiency on Thickness and Conductivity of Monopole Antenna Using Transparent Conductive Film
3. 学会等名 International Conference on Electronics Packaging 2021 (ICEP 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hironori TAKAHASHI, Fukuro KOSHIJI, Kohji KOSHIJI
2. 発表標題 Investigation of Broadband Circularly-Polarized Unbalanced Dipole Antenna Consisting of Semicircular and Trapezoidal Elements
3. 学会等名 International Conference on Electronics Packaging 2021 (ICEP 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fukuro KOSHIJI, Yuri YAMADA, Yoji YASUDA, Takayuki UCHIDA, Katsumi YAMADA
2. 発表標題 Investigation of Radiation Efficiency of Antenna Using Transparent Conductive Thin Film
3. 学会等名 International Conference on Advanced Imaging 2021 (ICAI2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuri YAMADA, Fukuro KOSHIJI, Yoji YASUDA, Katsumi YAMADA, Takayuki UCHIDA
2. 発表標題 Reduction of Sheet Resistance and Improvement of Radiation Efficiency by Annealing Treatment of ITO Transparent Antenna
3. 学会等名 International Conference on Electronics Packaging 2022 (ICEP 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 越地福朗
2. 発表標題 メタマテリアルによるアンテナ特性の制御
3. 学会等名 エレクトロニクス実装学会次世代配線板研究会 第1回公開研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 越地福朗
2. 発表標題 IoT時代に対応するアンテナの高性能化 - 広帯域化, 高利得化, 円偏波化, 透明化技術に着目して -
3. 学会等名 エレクトロニクス実装学会システム設計研究会 第2回公開研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市川達大, 越地福朗
2. 発表標題 腕部上に配置する通信用スパイラルコイルの変形に対する伝送特性の検討
3. 学会等名 第31回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 越地福朗	4. 発行年 2023年
2. 出版社 科学情報出版	5. 総ページ数 -
3. 書名 月刊EMC, IoT時代の無線システムとアンテナ設計 第5・第6世代移動通信(5G・6G)と5G・6Gに対応するアンテナ	

1. 著者名 越地福朗	4. 発行年 2024年
2. 出版社 電波技術協会協会	5. 総ページ数 -
3. 書名 電波技術協会協会報FORN, "外観と調和する透明アンテナへの挑戦~アンテナの超広帯域化と透明化の両立~"	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 光透過型アンテナ	発明者 越地福朗, 安田洋司, 内田孝幸, 山田勝実	権利者 学校法人東京工芸大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022 - 57567	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

東京工芸大学 越地研究室 https://www.gen.t-kougei.ac.jp/koshijilab/

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------