

令和 4 年 6 月 30 日現在

機関番号：32660

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04929

研究課題名（和文）ウェアラブル/インプラントブル共通環境に向けた人体通信物理層の統合的研究

研究課題名（英文）Physical Layer Study of Human Body Communication for Wearable/Implantable Environment

研究代表者

村松 大陸（Muramatsu, Dairoku）

東京理科大学・理工学部電気電子情報工学科・助教

研究者番号：80779140

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 16,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、人体通信機器の仕様に対して、高性能かつ低消費電力な機器の設計指針を示すことである。特に、設置型機器を含む通信などの具体的な利用形態を想定し、数値人体モデルに加えて実人体による被験者実験を行い、人体周辺の電磁界分布や送受信特性などを評価した。これらの検討により、人体通信システムの物理層において重要となるアンテナ電極の設計方をまとめた。さらに検討過程で、人体通信用の電極を用いて生体からの電磁応答を測定することにより生体信号を検出可能なことを示し、人体通信と生体信号計測を統合したアプリケーション開発の足がかりを築いた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人体通信や電磁的な生体信号計測は、メカニズムや具体的なシステム設計手法が不明確ゆえ、大きな期待が寄せられる反面いまだ実用化には至っていない。本研究はこの状況を打開するため、物理層の基本設計指針を確立するという他に類を見ない統合的な取り組みを行った。得られた伝送メカニズム等の基礎データや開発されたツールは、人体通信や血糖計測のみならず各種WBANシステムの設計、無線システムにおける生体影響や電磁曝露等の安全性評価、そして今後需要が高まるであろうデジタル医療分野にも大きく貢献すると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to provide design guidelines for high-performance and low-power-consumption devices for human body communication. In particular, assuming specific usage patterns such as communications including installed devices, experiments were conducted on real human subjects in addition to numerical human body models to evaluate the distribution of electromagnetic fields around the human body and transmission/reception characteristics. Through these investigations, we summarized the design method of antenna electrodes, which are important in the physical layer of the human body communication system. In the process, we showed that it is possible to detect biological signals by measuring the electromagnetic response from a living body using electrodes for human body communication, and established a foothold for the development of an application that integrates human body communication and biological signal measurement.

研究分野：生体電磁環境工学

キーワード：人体通信、ボディエリアネットワーク、ヒューマンインターフェース、ウェアラブル/インプラントブル、数値電磁界解析、ヘルスケア、生体信号計測

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。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

情報機器の小型軽量化により、ユーザがスマートウォッチをはじめとした複数のウェアラブル機器を身につけることは一般的となった。これらの機器を相互に接続する Wireless Body Area Network (WBAN)も標準化が進んでおり、現在のところ 2.4 GHz 帯や 920 MHz 帯の無線システムの使用が多い。しかし、一般に周波数が高いほど人体に吸収される電磁波のエネルギーは大きく、これらの周波数帯で人体は障害として作用し、人体に接触/近接するウェアラブル機器間の通信では問題となる。一方、人体そのものを高周波信号の伝送路とする人体通信が提案されている。人体通信では高周波信号が電極を介して導電性誘電体である人体に入出力されることで通信を行う。この伝送原理から、人体近傍のみに電界が分布し、高秘匿かつ低消費電力で通信を行える。さらに、「触れる」という動作をトリガにして通信が開始されるため、優れたヒューマンインターフェースとしても期待される。

### 2. 研究の目的

空間伝搬を利用する従来の無線通信ハードウェアの設計手法をそのまま人体通信機器に適用しても、人体での損失が大きく効率のよい信号伝送はできない。従って、人体通信に特化した機器設計が不可欠となるが、従来研究は特定の事例における伝送特性解析や試作機器によるデータ伝送の試みが中心で、機器の構成要素である電極や送受信機のフロントエンド回路などの設計法、さらには変調方式等に関する検討は行われてこなかった。本研究の目的は、人体通信機器のサイズや装着箇所、利用形態といった条件に対して、高性能・低消費電力な機器の設計指針を示すことである。特に、設置型機器を含む通信などの具体的な利用形態を想定し、電磁ファントムおよび数値人体モデルに加えて実人体による被験者実験を行い、人体周辺の電磁界分布や送受信特性などを評価する。これらの検討により、人体通信システムの物理層において重要となるアンテナ電極やフロントエンド回路設計の定量設計法をまとめる。さらに検討過程で、人体通信用の電極を用いて生体からの電磁応答を測定することにより生体信号を検出可能なことを示し、人体通信と生体信号計測を統合したアプリケーション開発の足がかりを築く。

### 3. 研究の方法

#### (1) 設置機器を含むパッシブ方式人体通信

ウェアラブル機器自体はバッテリーレスとし、必要に応じて大型の設置機器から情報とともに電力を供給するセミパッシブ方式人体通信の実現が望まれる。また、設置機器を含む信号伝送は、機器が商用電源を介して床面グラウンド(GND)と接続されることが想定されるため、バッテリーで駆動する小型機器同士の信号伝送とはシステムの電磁環境が決定的に異なる。本研究ではセミパッシブ方式人体通信の実現に向け、特に床面 GND の寄与に着目し通信機器間の伝送特性や電界分布などの信号伝送メカニズムについて、被験者実験と数値電磁界解析の両面から評価した。

#### (2) ウェアラブル電極の入力インピーダンス解析/測定

ウェアラブル電極は人体通信機器の最も重要な構成要素であり、その入力インピーダンス特性(人体通信においてはユーザのバイオインピーダンス特性)は、他の無線回路と同様に、伝送効率の向上や信号の反射を低減するために不可欠な設計パラメータである。本研究ではウェアラブルアンテナの入力インピーダンス特性について、ユーザ間の個人差(皮膚の水分状態、年齢、性別、体型など)に着目し、大規模な被験者実験と電磁界解析を併用して検討した。

#### (3) 生体電磁応答に基づく非侵襲血糖値推定法

現在の血糖計測は酵素電極を用いる侵襲的な方法が一般的であり、採血にともなう痛みや手間、消耗品のコストが問題となっている。本研究では、血液の電気定数が血中グルコース濃度によって変化することに着目し、人体通信に用いるウェアラブル電極を共用して測定した生体電磁応答から血糖値を推定する手法の確立を目指し、被験者実験を行い血糖値とバイオインピーダンスと血糖値の関係を評価した。

### 4. 研究成果

送信側として設置機器(改札機)を、受信側としてウェアラブル機器(スマートウォッチや腕時計)を想定した人体の伝送特性の測定系を準備した。設置機器筐体の寸法は現行の改札機を想定し  $460 \times 450 \times 880 \text{ mm}^3$  とし、IC カードリーダ部にあたる筐体中央前面部に  $25 \times 25 \text{ mm}^2$  の送信電極を配置した。送信電極は同軸線を通じて信号発生器(SG)(Tektronix, AFG1062)に接続し、金属製の設置機器筐体そのものを送信側回路の GND として利用した。さらに、床面 GND が信号伝送におよぼす影響を確認するため、SG は商用電源もしくはバッテリーで駆動した。SG が商用電源で駆動される場合には送信側回路の GND は床面 GND に接続され、バッテリーで駆動される場合には両者は切り離される。ウェアラブル機器はスマートウォッチを想定し手首に装着する方式とし、10 MHz で 50  $\Omega$ 系にインピーダンス整合した  $8 \times 24 \text{ mm}^2$  の二電極構造を採用した。受信電

極は同軸線を介してスペクトラムアナライザ(SA)(Tektronix, RSA306B)に接続し、ラップトップPCで制御した。実用時のウェアラブル機器の電磁環境を再現するために、SAと制御PCはともにバッテリー駆動とした。被験者は日本人の成人男女の5名とし、ウェアラブル機器の装着位置(右手首/左手首)、設置型機器の送信電極への手のひら接触(有/無)を変化させた。ただし設置機器には右の手のひらで触れることに統一した。本研究における被験者実験は東京理科大学臨床研究に係る倫理審査委員会の承認(整理番号:19024)を経て行った。本研究で変化させる3種類のパラメータ:(i)送信電極への手のひら接触の有無,(ii)受信電極の装着位置,(iii)床面GNDの有無と、8通りの条件(1)~(8)の模式図を図1(a)に示す。(iii)については、設置機器に接続されたSGの駆動条件を商用AC電源(設置機器筐体が床面GNDに接続)もしくはバッテリー(設置機器筐体と床面GNDは独立)とすることで、床面GNDの影響を制御した。被験者実験に対応する電磁界解析モデルを、図1(a)の(1)の場合を例として図1(b)に示す。人体モデルは日本人の成人男性の平均体型を参考に寸法決定し、筋肉の電気定数を有する直方体の組み合わせで構成した。設置機器、ウェアラブル機器、各機器の電極の寸法は実験と同一とした。信号の送信ポートは設置機器の電極と筐体の間に配置し、受信ポートはウェアラブル機器の電極間に配置した。電極および機器筐体は完全導体とした。解析にはFinite-difference time-domain (FDTD)法による電磁界シミュレータSIM4LIFE(ZMT Zurich MedTech AG社, Switzerland)を用い、信号周波数は10MHzとした。

被験者実験と電磁界解析により得られた各条件における設置機器(送信側)とウェアラブル機器(受信側)の間の伝送特性の大きさ $|S_{21}|$ を図2(a)にまとめて示す。まず実験値について、設置機器の信号電極と手のひらの接触有無により $|S_{21}|$ には45~63dBの差が生じた。このことから、人体通信において人体と電極の導電的接触は信号伝送の重要な条件であり、ユーザ自身が容易に通信を制御できると考えられる。

また、ユーザが信号電極に接触しない状況では、床面GND無(SGをバッテリー駆動時)で、床面GND有(SGを商用AC電源駆動時)に比較して3~7dB程度大きな $|S_{21}|$ となった。これは床面GNDが設置機器筐体、すなわち受信側GNDに接続されると、設置機器の送信電極から人体やウェアラブル受信機を経由せずに設置機器筐体や床面GNDに戻る通信に寄与しない電界成分が増加するためと考えられる。一方でユーザが信号電極に接触する条件では両者の $|S_{21}|$ にほとんど差はなかった。これは接触時には人体を介した送受信電極間の導電的な結合が支配的となり、離れた位置にある床面GNDがもたらす容量結合の効果が無視できるためと考えられる。自動改札等のアプリケーションでは設置機器は商用電源駆動となり床面GNDへ接続される。この場合、通信したい接触時の $|S_{21}|$ を劣化させずに通信を望まない非接触時の $|S_{21}|$ を低減できるため、本システムにより優れた通信インターフェースを実現できるといえる。

次に $|S_{21}|$ の実験値と解析値を比較すると、右腕にウェアラブル機器を装着し送信電極に接触した条件を除き、実験の $|S_{21}|$ は解析に比較して15~34dB程度大きくなった。この差が生じたのは、実験で用いた測定器筐体や同軸線を介し容量結合が生じ、信号伝送に寄与したことが主な原因と考えられる。一方で右腕にウェアラブル機器を装着し送信電極に接触した場合は、近接して配置された送受信電極間の直接的な結合が支配的となり、測定器や同軸線の影響が他条件に比較して相対的に減少したためと考えられる。

さらに、床面GNDの信号伝送への寄与を説明するため、解析で人体周囲の電界分布を計算した。右腕にウェアラブル機器装着、設置機器の信号電極に接触の条件で、床面GND有/無とした電界分布を図2(b)に示す。床面GNDは主に伝送に寄与する手首から腕先端部周辺の電界にほとんど影響しない一方、伝送には寄与しない人体と設置機器筐体および床面GND間の電界強度を増加させている。この電界分布の変化により、床面GND有では床面GND無の条件に比較し $|S_{21}|$ が減少したと考えられる。この結果は、従来は人体通信の信号伝送に寄与すると考えられていた床面GND(あるいは大地GND)の存在が、利用電磁環境によっては伝送特性を劣化させることを示した重要な知見といえる。

(i) TX Contact	(ii) RX Position	(iii) GND condition	Symbol
With contact 	Right hand	AC (1)	
		Battery (2)	
	Left hand	AC (3)	
		Battery (4)	
Without contact 	Right hand	AC (5)	
		Battery (6)	
	Left hand	AC (7)	
		Battery (8)	

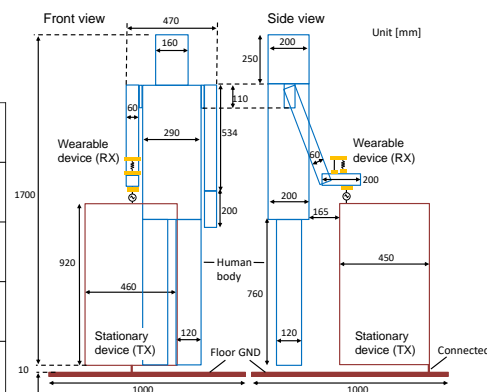


図1 実験/解析の条件 (a)変化させるパラメータ

(b) 電磁界解析モデル

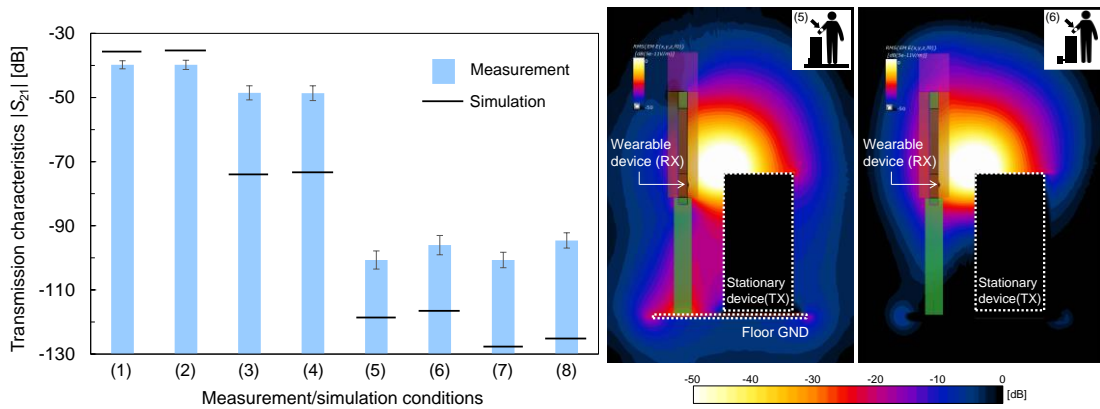


図2 実験/解析の結果 (a)送受信機間の伝送特性 (b) 人体モデル周囲の電界分布

### (2) ウェアラブル電極の入力インピーダンス解析/測定

測定および解析したウェアラブル電極の入力インピーダンス(実部)の周波数特性を図3(a)に示す。入力インピーダンスは被験者の左手首に装着した電極をインピーダンスアナライザに接続して測定した。本実験の被験者は20~30歳台の日本人で、男性12名、女性10名、合計22名の協力を得た。検討の結果、インピーダンス変動による高周波信号の反射を考慮すると、性別によるインピーダンスの差は十分に小さかった。すなわち、同じアンテナや後段の回路構成を男女ユーザに共通して使用できる。また、皮膚水分状態に対するインピーダンス差は低周波で増大する一方、数MHz超で無視できた。このため、伝送効率だけでなくインピーダンス安定性を考慮すると、数MHz以上がキャリア周波数として適切である。また、被験者間の入力インピーダンスの差は周波数が低いほど大きくなった。これは電磁界解析の結果と一致しており、表皮効果によって高周波では電流が腕の表層のみに流れるのに対し、低周波では、電流が内部組織まで到達するため、皮膚や脂肪層の厚みなどの個人差が顕著に現れたと考えられる。一方で個人差に起因する入力インピーダンスの変動について、一例として電圧定在波比率(VSWR)を用いて評価した。VSWRは入力インピーダンス変動による信号反射量を評価する指標であり、0(反射なし=最良状態)~ $\infty$ (全反射=最悪状態)の値をとる。一般的なアンテナシステムでは $VSWR \leq 3$ が望ましいとされる。個人差によって劣化するVSWRの最悪値は、1MHzにおいて男性と女性の被験者でそれぞれ2.87と2.03となった。また、5MHz以上の周波数では $VSWR \leq 2$ となった。この結果は、5MHzを超えるキャリア周波数が、個人差を低減し入力インピーダンスを安定させることを意味する。以上の結果から、最適なキャリア周波数を選択することにより、ユーザ個人差に対して耐性のある人体通信システムが実現できると考えられる。これらの結果に基づき、図3(b)に示すウェアラブル電極を試作した。本電極はフレキシブル基板と生体適合メッキ処理した導体箔で構成され、人体の様々な部位に密着して配置でき、繰り返し使用可能である。本アンテナの電気特性は今後詳細に検討予定である。

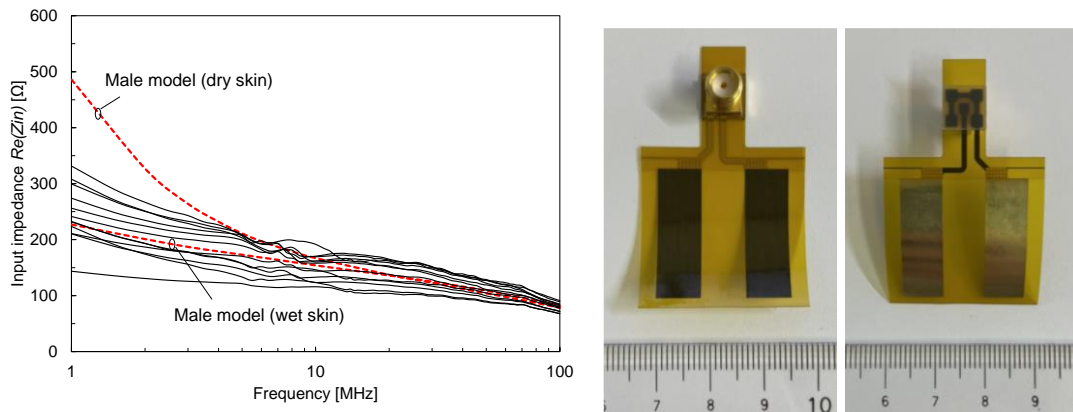


図3 実験/解析の結果と試作 (a)入力インピーダンス特性(実部) (b) 試作ウェアラブル電極

### (3) 生体電磁応答に基づく非侵襲血糖値推定法

血糖値とバイオインピーダンスの関係を明らかにするため、被験者の血糖値と手首のインピーダンスを同時に測定した。血糖値は市販血糖センサで指先を穿刺し測定した。バイオインピーダンスは左手首に装着した1対のステンレス電極(各 $8 \times 24 \text{ mm}^2$ )をインピーダンスアナライザに接続し測定した。被験者は非糖尿病の20代男性3名(被験者A, B, C)で、10時間の絶食後、



測定開始前に 75g のグルコースを経口摂取し糖負荷とした。本研究の実験は東京理科大学臨床研究に係る倫理審査委員会の承認を経て行った。いずれの被験者においても血糖値の増加/減少にともないバイオインピーダンスが増加/減少する傾向が確認された。ここで血糖値とバイオインピーダンスの相関係数は、被験者 A で 0.89, B で 0.77, C で 0.52 と計算され、いずれも一定以上の相関が確認された。例として被験者 A の測定結果を図 4 (a)に示す。この結果から、生体電磁応答、特にバイオインピーダンスに基づいて血糖値の相対変化を推定できることが示唆された。一方で各被験者を比較すると、B や C における相関係数は A に比較して若干低下している。これは被験者 B と C は、グルコース摂取後 20~40 分程度の血糖値が急激に増加する時間帯においてインピーダンスが減少していることが主な原因である。これはグルコースを摂取して測定を開始した直後、すなわちウェアラブル電極を装着した直後は、皮膚と電極の界面に滲む汗等の電解質に影響されインピーダンスが経時的に減少するためと考えられる。より高精度な血糖値推定を行うには、汗、体温、体動にともなう電極のずれといった、バイオインピーダンスに対する血糖値変化以外の影響を排除することが効果的と考えられる。

得られた糖負荷試験下の血糖値とバイオインピーダンスの測定結果を用いて、バイオインピーダンスによる血糖値の推定式を導出した。各被験者における血糖値とバイオインピーダンスの相関係数 0.52~0.89 は十分大きいと考え、血糖値の推定値を線形に定義した。本推定式の実用性を評価する指標として、コンセンサスエラーグリッドを用いた。図 4 (b)はエラーグリッド上に、市販の血糖センサで測定した血糖値を参照値、推定式で計算した血糖値を推定値として示したものである。エラーグリッドの表示範囲は 100~250 mg/dL とした。データは被験者 C の 2 点を除きすべて範囲 A 内に分布しており、バイオインピーダンスを用いて高精度に血糖値推定が可能になることがわかる。さらに、血糖測定器に求められる臨床的正確性は ISO15197 において、「試験機器の測定値(今回は推定式による推定値)の 99%がエラーグリッド内の範囲 A および B に分布すること」と定められている。今回の検討では全被験者の全推定値がエラーグリッド内の範囲 A および B に分布しているため、ISO に規定された臨床的正確性の基準を満足している。

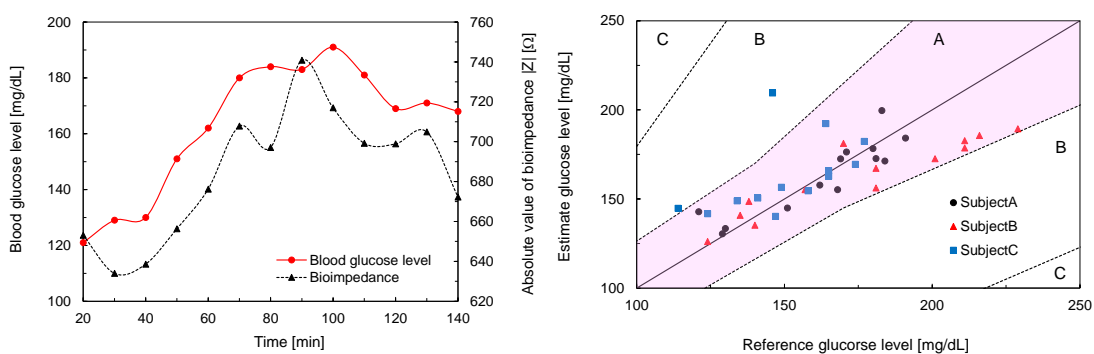


図 4 実験結果および推定結果 (a) 血糖値とインピーダンスの関係 (b) エラーグリッド分析結果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Reo Takamatsu, Kenichi Higuchi, Tatsunori Suzuki, Dairoku Muramatsu	4. 巻 17(4)
2. 論文標題 Electrical Properties of Fresh Human Blood at 10 kHz-100 MHz	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23549	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 村松大陸, 佐々木健	4. 巻 142(5)
2. 論文標題 短波帯向け多層ファントムのバイオインピーダンス模擬性能評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.142.625	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 Dairoku Muramatsu, Kenta Arai, Kenichi Higuchi	4. 巻 11(1)
2. 論文標題 A Study on Floor Ground Contribution in Semi-Passive Human Body Communication	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 39-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2021XBL0178	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 Dairoku Muramatsu, Ken Sasaki	4. 巻 33(12)
2. 論文標題 Noise Reduction Using a Triple-layer Electrode in Conductive/Capacitive Hybrid Electrocardiogram Measurement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 4105-4111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2021.3591	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 村松大陸	4. 巻 141(10)
2. 論文標題 920 MHz / 2.45 GHzのデュアルバンドを用いるヘッドマウントディスプレイ通信に向けた伝搬特性解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 1125-1126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejieiss.141.1125	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 Dairoku Muramatsu	4. 巻 11(8)
2. 論文標題 NaCl-based blood phantom analysis for in vitro bioimpedance measurement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0055949	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 Dairoku Muramatsu, Ken Sasaki	4. 巻 10(10)
2. 論文標題 Transmission Analysis in Human Body Communication for Head-Mounted Wearable Devices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electronics	6. 最初と最後の頁 1213-1228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics10101213	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 Dairoku Muramatsu, Ken Sasaki	4. 巻 10(10)
2. 論文標題 Input Impedance Analysis of Wearable Antenna and Experimental Study with Real Human Subjects: Differences between Individual Users	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electronics	6. 最初と最後の頁 1152-1164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics10101152	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 Dairoku Muramatsu	4. 巻 16(7)
2. 論文標題 Bioimpedance-Based Plethysmogram Detection Using MHz Band	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1038-1040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23388	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 Y. Nishida, K. Sasaki, K. Yamamoto, D. Muramatsu, F. Koshiji	4. 巻 in press
2. 論文標題 Equivalent Circuit Model Viewed from Receiver Side in Human Body Communication	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems	6. 最初と最後の頁 1-10
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 K. Yamamoto, Y. Nishida, K. Sasaki, D. Muramatsu, F. Koshiji	4. 巻 8 (9)
2. 論文標題 Electromagnetic Field Analysis of Signal Transmission Path and Electrode Contact Conditions in Human Body Communication	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8091539	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 K. Sasaki, D. Muramatsu, N. Arai, F. Koshiji	4. 巻 24
2. 論文標題 Evaluation of Ground Loop through the Floor in Human Body Communication	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Wireless Information Networks	6. 最初と最後の頁 78-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10776-017-0338-3	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25件(うち招待講演 0件/うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Dairoku Muramatsu
2. 発表標題 Radio Propagation Analysis for Multiuser WBAN Using 920 MHz ISM-band
3. 学会等名 The 10th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Reo Takamatsu, Kenichi Higuchi, Dairoku Muramatsu
2. 発表標題 Measurement Frequency Evaluation for Bioimpedance-Based Blood-Glucose Estimation
3. 学会等名 The 3rd IEEE Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dairoku Muramatsu
2. 発表標題 A Feasibility Study on Bioimpedance-Based Plethysmogram Detection Focusing on Measurement Frequency and Electrodes Size
3. 学会等名 The 9th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Reo Takamatsu, Kenichi Higuchi, Dairoku Muramatsu
2. 発表標題 In Vitro Measurement of Electrical Properties of Human Blood for Non-invasive Glycemia Monitoring
3. 学会等名 The 42nd International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kentaro Yamamoto, Ken Sasaki, Dairoku Muramatsu, Fukuro Koshiji
2. 発表標題 Numerical Simulation of Electric Field Distribution and Signal Path of a Commonly Used Schematic Diagram of Human Body Communication
3. 学会等名 The 8th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dairoku Muramatsu
2. 発表標題 Blood Phantom for Non-invasive Blood Glucose Measurements via Bioelectromagnetic Response
3. 学会等名 International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UBICOMP 2019) and The 22nd International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dairoku Muramatsu, Ken Sasaki
2. 発表標題 Signal Propagation Analysis in Multiuser Human Body Communication
3. 学会等名 The 2018 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UBICOMP 2019) and The 22nd International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dairoku Muramatsu, Yuno Nakada
2. 発表標題 Pulsation Measurement via Wearable Devices Based on Bioelectromagnetic Responses
3. 学会等名 The 41th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村松大陸, 新井健太, 樋口健一
2. 発表標題 パッシブ方式人体通信における床面グラウンド寄与に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高松怜紘, 樋口健一, 村松大陸
2. 発表標題 生体電磁応答に基づく血糖推定時のインピーダンス測定周波数の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 李翼, 佐々木健, 村松大陸
2. 発表標題 人体通信型RFIDにおけるタグ条件に対する受信電力特性
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高松怜紘, 樋口健一, 村松大陸
2. 発表標題 体電磁応答に基づく非侵襲血糖値推定法の提案とエラーグリッド分析による評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 ヘルスケア・医療情報通信技術研究専門委員会 (MICT)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李寶, 佐々木健, 荒井稔登, 村松大陸
2. 発表標題 人体通信を用いたRFIDシステムの検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2020年総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 D. Muramatsu, K. Sasaki
2. 発表標題 LED Control System Using Human Body Communication Between Two Users
3. 学会等名 The 2018 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UBICOMP 2018) and The 22nd International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 D. Muramatsu, N. Kanamori, T. Yamamoto
2. 発表標題 Evaluation of Blood Phantom for Non-invasive Blood Glucose Measurement Based on Bioelectromagnetic Response
3. 学会等名 The 40th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 F. Koshiji, R. Urushidate, D. Muramatsu, T. Yamamoto, K. Koshiji
2. 発表標題 Real-time Heartbeat Signal Sensing and Transmission Using Human Body Communication
3. 学会等名 The 40th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Koshiji, F. Koshiji, Y. Fujita, D. Muramatsu, T. Yamamoto
2. 発表標題 Transmission Characteristics Enhancement of Magnetically-Coupled Body Area Network Using Parasitic Wearable Coil
3. 学会等名 The 40th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nishida, K. Sasaki, K. Yamamoto, D. Muramatsu, F. Koshiji
2. 発表標題 Transmitter-Receiver Distance and Equivalent Output Impedance in Human Body Communication
3. 学会等名 IEEE Wireless Communications and Networking Conference 2018 (WCNC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西田欣史, 佐々木健, 山本健太郎, 村松大陸
2. 発表標題 人体通信における姿勢変化と等価回路モデル
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田嶋啓介, 榎田洋太郎, 小澤佑介, 村松大陸
2. 発表標題 太陽電池等価回路パラメータ光強度依存性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村松大陸, 樋口健一
2. 発表標題 複数ユーザを伝送路とする人体通信における電波伝搬解析
3. 学会等名 革新的無線通信技術に関する横断型研究会 MIKA2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nishida, N. Arai, K. Sasaki, D. Muramatsu, F. Koshiji
2. 発表標題 Influences of User's Posture and Contact Conditions of Electrodes on the Transmission Characteristics of Human Body Communication
3. 学会等名 The 6th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Yanagita, N. Kubota, Y. Kanemasa, D. Muramatsu
2. 発表標題 A novel approach to analyse spontaneous activity of rats in group housing condition using radio frequency identification systems
3. 学会等名 Proceedings of 47th European Brain and Behavior Society Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西田欣史, 佐々木健, 村松大陸, 越地福朗
2. 発表標題 人体通信における送信機電極間隔が伝送特性に及ぼす影響と等価回路モデル
3. 学会等名 第32回エレクトロニクス実装学会春季講演大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 西田欣史, 佐々木健, 村松大陸, 越地福朗
2. 発表標題 ウェアラブル機器と据置型機器間の人体通信における姿勢変化と伝送特性
3. 学会等名 2017年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 D. Muramatsu, K. Sasaki	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Vide Leaf	5. 総ページ数 31
3. 書名 Prime Archives in Electronics	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>電気通信大学 村松大陸研究室  <a href="https://mdairoku.com/">https://mdairoku.com/</a>          電気通信大学 類(融合系) 村松大陸  <a href="http://kjk.office.uec.ac.jp/Profiles/81/0008061/profile.html">http://kjk.office.uec.ac.jp/Profiles/81/0008061/profile.html</a></p>
---

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
---------	---------