

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26289122

研究課題名(和文)人体頭部・眼球の情報獲得行動による超高速人体装着型アンテナ系通信資源統合管理機構

研究課題名(英文) Integrated resource management techniques in ultra-high-speed wireless network with body mounted antenna systems based on the information acquisition behavior using the human head and eye movement

研究代表者

前田 忠彦 (Maeda, Tadahiko)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：40351324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：人体装着型アンテナとして眼鏡型および指輪型アンテナを提案した。また、導電性繊維で構成する刺繍型アンテナの放射効率を改善するための刺繍構成法を提案し、人体等価ファントムによる実験的放射特性評価を実施した。さらに、人体に張り付けるタイプのBluetooth方式ウェアラブルデバイス用偏波ダイバーシティアンテナを設計し、ランダムな電波環境下で、約10dBのアンテナ偏波ダイバーシティ利得が得られることを示した。一方、位置情報および指向性アンテナを利用したアドホックネットワーク経路制御プロトコルおよびマルチキャスト転送方式を提案し、計算機シミュレーションおよび実機実験により提案方式の有効性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)： Both broad-side and end-fire array antennas that can be mounted into a frame of eye glasses and finger-wearable ultra-wideband ring-type antennas have been proposed and investigated. Also, the radiation efficiencies of embroidered wideband dipole and slot antennas have been assessed with measurements including the effects of the human body using human equivalent phantoms.

In order to improve the quality of body centric wireless communications, a polarization diversity antenna has been designed for Bluetooth wearable wireless devices. A 10 dB gain has been archived by using the polarization diversity technology and has been confirmed by experiments.

Besides, a novel position-based routing protocol using directional antennas and a novel multicast forwarding scheme for mobile ad-hoc networks have been proposed and the effectiveness of the proposed approaches has been confirmed through both computer simulations and experiments using real wireless mobile devices.

研究分野：電波工学

キーワード：人体装着アンテナ 指向性アンテナ 導電性繊維 ファントム ネットワークコーディング ダイバーシティ アドホックネットワーク 眼鏡型デバイス

1. 研究開始当初の背景

スマートホンの急速な普及に代表される無線通信システムの超高速化が急速に進んでいる。この原因はモバイル環境における大規模な動画像情報の交換にあり、電波資源の急速な不足は電波行政上も大きな問題となっている。この様な爆発的電波資源枯渇に対応するため、従来からマイクロ波、ミリ波帯の新しい周波数帯域の利用促進が望まれているものの、伝播損失が大きく指向性アンテナとそのビーム制御が必要となるためモバイル端末機器のマイクロ波・ミリ波帯域の利用促進を妨げる大きな要因となっている。

一方、人間の情報収集の手段には聴覚、触覚、味覚、視覚などがあるが、視覚の占める情報収集の割合は全体の70%を占め、次世代のモバイル端末として、動画を主要コンテンツとして扱う眼鏡型マルチメディア端末研究の大きな推進力となっていた。ここで人間は取得したい情報に対して意識せずに眼球・頭部の回転・移動を行っている。すなわち人体頭部と眼球の方向を重要な情報取得対象の方位情報とすることが考えられ、これを超高速のワイヤレス伝送路のアンテナ制御とアドホックネットワーク形成に積極的に利用することが考えられる。

人体装着型で構成されるワイヤレスシステムの実現には、人体近傍というアンテナにとって厳しい制約条件の下で、人体を電磁波放射に積極的に利用できる新しい電磁波放射機構と柔軟性に富むネットワーク構築機構が情報学の面からも強く望まれる。そのためには、(1)人体近傍のアンテナ放射特性を分析し、人体を積極的に利用する人体装着型アンテナ装置開発と、(2)生体の情報獲得行動と連動するアンテナ指向性の人体を含めたアンテナ評価、および、(3)高利得・狭指向性アンテナで形成されたアドホックネットワークの構築が必要である。

ところで、アンテナの実験においては、周波数を変更し測定系の等倍モデル($\times 1$)での物理寸法を拡大あるいは縮小するスケールモデルによる実験が行われることが多く、スケールモデル実験は被測定対象が金属のみで構成される場合には容易で有用な手法である。一方、人体に保持された携帯無線端末のスケールモデル評価では人体を模擬するために電気特性が等倍モデル($\times 1$)とは異なる周波数特性を満足する人体スケールモデルファントムを実現する課題があった。特に、人体等価ファントムの開発には様々な試薬の特性を把握し、目標組成を見出すための経験が必要とされるため、ファントム開発のコスト低減と開発期間短縮が課題である。

また、人体近傍アンテナの医療への展開が考えられ、テレメータとしての応用では、人の心電図や心拍数、体温などの基礎データをリアルタイムに取得するために、人体にセンサを張り付け、モニタリングする必要がある。また、人の健康状態を監視するためには、セ

ンサからの情報を途切れなくデータサーバに無線送信しなければならない。従来、センサ装置が人体に取り付けられた場合、人体の姿勢変化に伴って、アンテナの偏波方向が変わり、偏波の不整合により、データサーバの受信品質が劣化し、人体からの情報が正しく受信できないことがあるため、センサに偏波ダイバーシティアンテナを搭載し、人体の姿勢が変化しても安定した受信信号を取得するための研究が重要である。

一方、人体の無線センサは、Bluetooth方式を用いることが多い。この方式では、周波数ホッピングを行うことにより、受信信号の安定性を図っているため、周波数ホッピングに加えて偏波のスイッチダイバーシティを適用する場合には周波数ホッピング周期とスイッチ切替周期との関係を最適化する研究が重要である。

また、人体に張り付けるアンテナは、人体近傍に設置するため、人体による電波吸収が大きく、アンテナの放射効率が低減する問題があるため、人体近傍で動作する高利得偏波ダイバーシティアンテナ開発と人体装着時のアンテナのダイバーシティ利得特性をマルチパス環境で明らかにすることが重要である。

さらに、ネットワーク形成の技術課題として、携帯端末の増加と情報のリッチ化によってインフラネットワークへの負荷が急増し、携帯端末の利用形態が多様化するため、時間や場所の制約を受けず情報を送受信することへの要求が高まっている。このため、インフラネットワークへ過度な負荷をかけることなく、いつでもどこでも、携帯端末同士で様々な情報を送受信するための基盤技術として、各携帯端末が相互に無線接続され自律分散的に形成されるネットワークであるアドホックネットワークが期待されている。

アドホックネットワークにおいて大規模動画などのリッチな情報を扱うためには、アドホックネットワークの高速・大容量化が求められ、マイクロ波、ミリ波帯の新しい周波数帯域を利用することで、アドホックネットワークの高速・大容量化が実現可能である。

ここで、伝播損失が大きい当該帯域を利用する場合には、指向性アンテナの使用が必須となるため、指向性アンテナを前提としたアドホックネットワーク技術が必要となる。しかし、アドホックネットワークに関する既存の研究開発の大部分は全方向性アンテナを前提としたものであり、狭指向性アンテナの使用を前提とした研究開発は非常に限られている。このため、全方向性アンテナだけでなく狭指向性アンテナの使用にも対応可能なアドホックネットワーク構成技術の確立が急務である。

2. 研究の目的

急増する携帯端末の大規模動画情報の取得を実現する基盤技術として、(1)人体を

含む超高速無線広帯域伝送路を形成するための超広帯域人体装着型ワイヤレスデバイス用アンテナシステムと、(2)アンテナビーム形成、および、(3)人体装着デバイスを対象とし、内蔵アンテナを実験的に評価するための人体等価ファントムを開発する。

また、人体の多様な姿勢変化に対応できる人体張り付けタイプのウェアラブルワイヤレスデバイスの送受信性能を高めるために、Bluetooth デバイス用偏波切替ダイバーシティアンテナを提案する。具体的には、人体張り付けタイプの偏波ダイバーシティアンテナを設計し、アンテナの特性を実電波環境で評価することにより提案技術の有効性を示す。

さらに、人体装着型マルチメディア・デバイスを用いてアドホックネットワークを構成し、インフラレスで時間や場所の制約を受けないことなく、大規模動画情報の高速配信および収集を実現するネットワーク技術を開発する。具体的には、狭指向性アンテナの使用に適したアドホックネットワーク経路制御技術および大規模情報配信技術の開発を行う。

3. 研究の方法

人体及び地板を含めたアンテナシステム全体からの放射機構を解明するため、広帯域放射素子と誘電体基板に垂直・水平に形成する放射素子を人体装着型ウェアラブルデバイスに適用した場合の放射特性を分析する。具体的には、放射素子に加えて人体部位毎の放射界への寄与を区分析することで、近接するアンテナ放射素子に対する人体の影響を定量的に明らかにする。また、人体装着型アンテナとして導電性繊維を用いて刺繍で構成されたアンテナ放射機構を分析し、刺繍条件と放射効率の関係を明らかにする。さらに、実験的に人体装着型アンテナの評価を実施するために、スケールモデルファントムを含めた多様な人体等価ファントムに対応する組成設計法について研究を進める。

2.4GHz帯のBluetooth方式を利用した人体張り付けタイプのワイヤレスデバイスを想定し、まず直交偏波の2つのパッチアンテナを人体に貼り付け、マルチパス環境においてアンテナのダイバーシティ利得を測定する。次に、人体に貼り付けが可能な薄型偏波直交のアンテナ及び偏波切替スイッチを試作し、試作したアンテナとスイッチを人体ファントムに貼り付けた電波伝送実験を行い、偏波ダイバーシティ利得を測定することにより提案システムの有効性を明らかにする。

眼鏡型デバイスに装着された高利得・狭指向性アンテナを用いてアドホックネットワークを構成するため、端末位置およびユーザの姿勢情報を考慮した経路制御プロトコルを提案し、提案した経路制御プロトコルに最適化機構を付加する。また、高利得・狭指向性アンテナを有するユーザ間の動画情報配

信・収集を実現するため、遅延耐性ネットワークを用いた蓄積型マルチキャスト転送方式および、ネットワークコーディングを用いたマルチキャスト転送方式を提案する。

4. 研究成果

人体の情報獲得行動に合わせたアンテナ指向性制御を人体頭部で実現するための眼鏡型アンテナの基本構造として、アンテナを眼鏡フレーム部と眼鏡テンプル部に内装するブロードサイドアレーアンテナおよびエンドファイヤアレーアンテナの研究を進めた。眼鏡上部フレームあるいは下部フレームに内装するアンテナの放射偏波は水平偏波を、また眼鏡フレームの左右部に内装するアンテナの放射偏波は垂直偏波を想定する設計を行った。一方、眼鏡テンプル部に内装するアンテナの放射偏波は水平偏波を想定した。

ブロードサイド型ではアンテナ実装に関わり給電回路を含めた寸法上の制約から、眼鏡フレーム上部へ実装するために給電回路の小型化を狙った直列給電方式に着目した。反射器を誘電体内に内装させスルーホールを用いた折り返し放射器を採用することで電力分配比と整合条件設定に自由度の高いアンテナ構成法を提案した。提案アンテナでは、レンズ周囲への配置を想定した直列給電型ブロードサイドアレーアンテナとして8素子配列中央給電アレー構造を採用することで、主ビーム放射方向の寸法を5mm以下に抑え、60GHz帯(57-66GHz)においてVSWR 2以下、利得14dBiを実現している。

エンドファイヤ型のアンテナでは、眼鏡テンプル部に実装するアンテナとして誘電体基板内にスルーホールとキャパシターハットで構成する低姿勢八木・宇田アンテナを提案した。提案アンテナを眼鏡テンプル部に内装するため、アンテナ構造とE面内ビームチルト量の関係を分析した。眼鏡型ウェアラブルデバイスのテンプル部開き角を5°から15°と想定する設計を行い、ビームチルト角10°を実現するアンテナ構造を提案した。

さらに、提案エンドファイヤ型アンテナの基地局向け応用を考え、ビームチルト角の制御法と広帯域化について検討を進めた。特に、基地局のサービスエリアが水平方向に均一ではなく、特定の方向で長い距離をサポートする必要がある場合には、その方向での利得増加とチルト角変更が必要となる。このような背景から、基地局側アンテナのビーム形状を所望サービスエリア形状へ一致させる手法として、所望方向の誘電体長を延長するアンテナ構造を検討した。基本構成である中央部の誘電体に延長誘電体を追加する構造を提案し、提案方式による垂直面のチルト角と利得の関係を明らかにした。

人体指装着型アンテナとして指輪型アンテナに注目し、人体を含めた放射機構の研究を進めた。まず、円形素子を用いた基本構造

の構造パラメータを調整し UWB 帯域において VSWR 1.5 以下、人体を含めた放射効率 85% 以上となる指輪型アンテナを設計し、実験により設計結果の妥当性を確認した。その過程でアンテナと人体手部各部位毎の損失電力割合を 3 GHz から 11 GHz までの UWB 帯域で分析し、人差し指の損失に占める割合が最も高く、おおむね 50%程であることを示した。指輪型アンテナはリング部が損失性媒質である人体指の周囲を覆う構造となっているため、リング内面が指に接触する条件でも放射効率の低下が緩和される特徴を持っている。次に、低姿勢化のための放射素子の検討を行い、円形素子を半だ円型素子に変形し、誘電体装荷と整合スタブを設ける構造を採用した誘電体装荷半だ円・指輪型 UWB アンテナを提案した。さらに、放射素子、リング部、人体指の構成要素毎の放射界への寄与を区分的に解析する手法により、人体指に装着された指輪型超広帯域アンテナの人体指を含む放射機構を分析し、指輪型 UWB アンテナの各構造パラメータが放射効率変化に及ぼす影響を明らかにしている。

人体装着型デバイス用複合アンテナ放射素子の構成要素として導電性繊維で構成した放射素子に注目し、導電性繊維型放射素子の放射特性を人体の影響を含めて解析・評価をおこなった。なお、複数の評価用アンテナ放射素子は、いずれもフェルト生地上に導電性繊維をコンピュータ制御ミシンを使用し刺繍形成により作成している。まず、広帯域ディスクダイポール型放射素子上の電流分布計算結果を基に導電性繊維の使用量を削減する放射素子構造を提案した。次に、広帯域だ円スロット型放射素子の刺繍形成方法を検討し、放射効率改善のための刺繍構造の提案を行った。さらに当該放射素子の放射効率を計算で予測するための研究を進め、FDTD による電磁界計算において刺繍方向に依存する導電率の設定を行うことで刺繍型放射素子の放射効率を計算で予測する手法を提案し、実験によりその有効性を確認した。

人体装着型アンテナの実験的評価のための人体等価ファントムの研究では、複数の人体組織のファントム組成を単一周波数毎に自動設計できるソフトウェアの開発を行った。また、人体等価ファントムの自動組成合成システムの合成アルゴリズムに対する研究を進め、組成予測のための回帰分析に直線回帰と指数回帰を用いる組成自動設計システムのプロトタイプを作成した。また、2/3 筋肉等価ファントムの自動組成合成システムのスケールモデルへの拡張を行った。さらに脂肪などの低誘電率・低導電率領域の人体組織模擬を目的としてグリセリン主剤ファントムを採用することで自動組成設計システム適用領域の拡大を進めた。これらの組成合成自動化の研究に加えて、ファントムのゼリー強度を制御し、ファントム形状保持能力を高めることでファントム形成時の作業

性の向上と作業手順の自由度を高めるための研究を実施した。

人体装着型アンテナの評価として、室内設置される SPARG 社製の固体人体ファントムに垂直と水平偏波の 2 つのパッチアンテナを張り付け、アンテナのダイバーシティ利得を測定した。測定は 2.45GHz を中心周波数とし 100MHz 帯域で実施し、周波数ダイバーシティ後に、偏波切替のダイバーシティ利得評価測定を行った。具体的には、4 ポートネットワークアナライザを用いて、2 偏波の電波を周波数オフセットすることにより実施した。送信を垂直偏波とし、受信アンテナ偏波をランダムに変化させた場合の受信信号レベルを測定・評価するが、まず周波数軸上で周波数選択ダイバーシティを行い、その後、時間軸上の偏波ダイバーシティを行った。測定結果から、CDF が -20dB において、2.45GHz での偏波ダイバーシティ利得は 10.6dB となり、周波数ダイバーシティ利得は 20dB であった。一方、周波数ダイバーシティの後に、さらに偏波ダイバーシティを行う場合は、23.6dB の利得が得られ、Bluetooth のような周波数ホッピング型通信方式におけるアンテナ偏波ダイバーシティの併用効果を確認した。

さらに、実電波環境でのアンテナシステムとしての総合評価のために偏波ダイバーシティアンテナと偏波切替スイッチを試作した。アンテナは低姿勢の逆 F アンテナであり、スイッチは半導体スイッチを採用している。試作したアンテナとスイッチを固体人体ファントムの胸部付近に張り付け屋内の電波環境下において 2.45GHz の偏波ダイバーシティ利得を測定した。その結果、CDF=-20dB の場合に約 10dB の偏波ダイバーシティ利得が得られ、人体貼り付けタイプのワイヤレスセンサ用アンテナとして直交偏波ダイバーシティアンテナを採用する場合のランダム電波環境における無線伝送品質の改善効果を実験的に確認した。

アドホックネットワークに関わる端末位置およびユーザの姿勢情報を考慮した経路制御プロトコルでは、不必要な制御パケットの伝搬を抑制するため、送信端末の指向性アンテナ放射角、端末位置および周囲に存在する隣接端末数にもとづいて、パケット転送領域を動的に変更する提案を行った。提案プロトコルでは、この動的転送制御により、既存方式と同水準のパケット配送率を実現しつつ、制御トラフィック量を削減可能となる。この点を検証するため、計算機シミュレーションを行い、提案プロトコル (ALAR-DA) と既存方式 (LAR, DA-MLAR, LARDAR) との比較評価を行った。シミュレーション結果から、提案プロトコルは、既存方式と比較して冗長な制御パケットの発生を抑制し、パケット配送率に関しても、既存方式と同等の性能であることを確認した。

アドホックネットワークにおいて、不要なパケットの発生を抑制し効率的な情報配

信・収集を実現するため、遅延耐性ネットワークを用いた蓄積型マルチキャスト転送方式および、ネットワークコーディングを用いたマルチキャスト転送方式を提案した。提案方式では、各端末が隣接端末数に応じて動的符号化数制御を行い、自律的にパケットの再送・中継中止要求を行うことで、冗長パケットを削減しながらも高いパケット配送率を実現可能となる。この点を検証するため、計算機シミュレーションを行い、提案方式と既存方式（CodeCast, NC2, NC4, NC8）との比較評価を行った。その結果、提案方式が既存方式と比較して最も高い配送率を実現していることを確認した。また、冗長パケット数に関する評価も行い、提案方式は既存方式と比較して、冗長パケットを増加させることなくパケット配信率を5~20%向上可能であることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5件)

1 Yang Li, Hiroyasu Sato, Qiang Chen, "Experiment Study of Transmission Characteristics through Conducting Human Body Equivalent Liquid," IEICE Communications Express, 査読有, 2017, DOI: 10.1587/comex.2016SPL0025.

2 Yang Li, Hiroyasu Sato, Qiang Chen, "FDTD Analysis of Capsule Dipole Antenna in the Digestive System of A Human Body," IEICE Communications Express, 査読有, 2017, DOI: 10.1587/comex.2016SPL0023.

3 加藤拓哉, 野口拓, "車車間遅延耐性ネットワークにおける効率的なメッセージ配送ルーチングのためのバッファ管理方式," 電子情報通信学会 論文誌, 査読有, vol. J100-B, No.8, Aug. 2017. (採録決定 印刷中)

4 野口拓, 林直秀, "アドホックネットワークにおける適応型ネットワークコーディングを用いたマルチキャスト通信," 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 58, No. 1, pp. 24-32, Jan. 2017.

5 前田忠彦, 荒川敬, 小林智貴, 浅沼健一, 藤本勝大, 若林孝行, "指装着型デバイスに適用するための誘電体装荷半楕円・指輪型 UWB アンテナ," 電子情報通信学会 論文誌, 査読有, vol. J98-B, No. 9, pp. 914-928, Sept. 2015.

[学会発表](計 70件)

1 Taku Noguchi and Takahiko Kobayashi, "Adaptive Location-Aware Routing with Directional Antennas in Mobile AdHoc Networks," IEEE International Workshop on Computing, Networking and Communications, pp.1006-1011, Santa Crara, USA, Jan. 29, 2017.

2 Hiroyasu Sato, Yang Li and Qiang Chen, "Experimental Study of Transmission Factor through Conducting Human Body Equivalent Liquid," Proc. International Symposium on Antennas and Propagation 2016 (ISAP2016), 4B2-1, pp. 990-991, Okinawa Convention Center, Okinawa, Oct. 28, 2016.

3 Yang Li, Hiroyasu Sato and Qiang Chen, "FDTD Analysis of Capsule Dipole Antenna In Digestive System of Human Body," Proc. International Symposium on Antennas and Propagation 2016 (ISAP2016), 4B2-2, pp. 992-993, Okinawa Convention Center, Okinawa, Oct. 28, 2016.

4 Hiromichi Nomura and Tadahiko Maeda, "Radiation Efficiency Measurements of Embroidered Textile Radiating Elements Placed in the Vicinity of a Human Equivalent Phantom," Proc. International Symposium on Antennas and Propagation 2016 (ISAP2016), POS2-12, pp. 734-735, Okinawa Convention Center, Okinawa, Oct. 27, 2016.

5 Takaki Kurashige and Tadahiko Maeda, "A Preliminary Study on Design Coverage Extension of Automatic Composition Design for Human Body Equivalent Phantoms with Low Relative Permittivity and Low Conductivity," Proc. International Symposium on Antennas and Propagation 2016 (ISAP2016), POS2-10, pp. 730-731, Okinawa Convention Center, Okinawa, Oct. 27, 2016.

6 Shintaro Kiyoda, Mariko Saitoh, Takaki Kurashige, Yuta Miyataki and Tadahiko Maeda, "Automatic Composition Design Software with Conductivity Adjustment for Human Body-Equivalent Phantom from 300 to 1000 MHz," Proc. International Workshop on Electromagnetics 2016 (iWEM 2016), TU2A, pp. 1-3, Nanjing, China, May 17, 2016, DOI: 10.1109/iWEM.2016.7504429.

7 Takayuki Yoshikawa and Tadahiko Maeda, "Radiation Efficiency

Enhancement Based on Novel Sewing Patterns for Embroidered Wideband Wearable Slot Antennas,” Proc. International Workshop on Electromagnetics 2016(iWEM 2016), H01H, pp. 1-3, Nanjing, China, May 16, 2016, DOI: 10.1109/iWEM.2016.7504916.

8 Takayuki Yoshikawa and Tadahiko Maeda, “Embroidered wideband wearable slot antennas using conductive yarn with different yarn-spacing densities,” Proc. International Workshop on Electromagnetics 2015(iWEM 2015), TUA1.2, pp. 1-2, Hsinchu, Taiwan, November 17, 2015, DOI: 10.1109/iWEM.2015.7365067.

9 Hiroyasu Sato, Yang Li and Qiang Chen, “Measurement of dipole antenna in deionized water,” Proc. International Symposium on Antennas and Propagation 2015 (ISAP2015), S3.8-7, pp. 1-3, Tasmania, Australia, November 11, 2015.

10 Tadahiko Maeda, Shintarou Kiyoda, Takaki Kurashige, and Yuuta Miyataki, “Learning effects of automatic composition design software for human-equivalent phantoms from 1 GHz to 5 GHz with linear and exponential regression analysis,” Proc. International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications 2015 (IMWS-Bio 2015), pp. 40-41, September 21, 2015, Taipei, Taiwan, DOI: 10.1109/IMWS-BIO.2015.7303765.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 1件)

名称：眼鏡型通信装置
発明者：前田忠彦
権利者：学校法人立命館
種類：特許
番号：出願番号：2014-119567
出願年月日：2014年6月10日
国内外の別：国内

取得状況(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 忠彦 (MAEDA Tadahiko)
立命館大学・情報理工学部・教授
研究者番号：40351324

(2) 研究分担者

陳 強 (CHEN QIANG)

東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 30261580

野口 拓 (NOGUCHI, Taku)
立命館大学・情報理工学部・准教授
研究者番号：00388133