**様式３**

**令和5年度FLOuRISH特区型JIRITSU(自立)フェローシップ制度研究計画書**

1.　履　歴　等

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| （ﾌﾘｶﾞﾅ）  氏　　名 | （　　　　　　　　　　　） | | | アルファベット表記 | |
| 国籍 |  | 学籍番号 |  | 標準修業年限終了年月 | 令和　年　月 |
| 連絡先 | 携帯番号：  e-mail： | | | | |
| 所属 | 所属：東京農工大学大学院　　　　（研究科・学府）　　　　専攻  所属研究室：　　　　　　　受入教員名：  受入教員内線:　　　　　受入教員e-mail: | | | | |
| 学歴 | 1.令和　　年　　月 　　　　　　大学大学院修士課程（博士前期課程）入学  　　　　　　　　　　　　　　　　　　（　　　（研究科・学府）　　　　　専攻）  2.令和　　年　　月　東京農工大学大学院博士課程（博士後期課程）入学  　　　　　　　　　　　　　　　　　（　　　（研究科・学府）　　　　　専攻）  3.令和　　年　　月　博士（　　　　）の学位取得(見込) | | | | |
| 申請資格確認欄 | 募集要項「３．学生の申請資格」の内容を満たしていることを確認したうえで、以下の各チェックボックス（□）を■に変更してください。全ての項目が確認されていることを前提に選考を行います。  □　国費外国人留学生ではありません。  □　外国政府派遣留学生ではありません。  □　日本学術振興会特別研究員ではありません。  □　次世代研究者挑戦的研究プログラムフェローシップの対象学生ではありません。  □　大学や企業等から、生活費相当額（240万円程度）として十分な水準で、給与・役員報酬等の安定的な収入を得ていません。  □　重複受給ができない他の奨学金等を受給していません。  □　休学中ではありません。  □　科学技術振興機構に必要な個人情報を提供することを了承し、メール等で連絡があった  場合は速やかに対応いたします。  □　東京農工大学未来価値創造研究教育特区型JIRITSU(自立)フェローシップ制度実施要項を読み、「学生が果たすべき義務」、「実施報告」、「支給資格の取消」、「フェローシップの返還」などについて理解しました。 | | | | |

上記内容に相違ありません。

令和　　年　　月　　日

氏名：

**研究目的・内容、年次計画（受入教員と良く相談のうえ記入すること。）**

|  |  |
| --- | --- |
| **研究課題**  ※化学式・数式の使用は極力避けること（40文字以内）。 |  |
| **研究目的･内容（ 1ページ以内で記述すること。）**  当該分野の状況と課題  情報通信社会の発展が急速に進む現代において、無線通信技術はその基盤技術としての重要性を増している。このような状況下、4K/8Kビデオストリーミングやオンラインゲーム、VR/AR技術など、大量のデータをリアルタイムで伝送するアプリケーションが広まっており、高速大容量通信が強く求められるようになっている。実際、6G の次世代無線通信では最大で 100Gbit/s から 1Tbit/s という 5G の 10 倍から 100 倍の通信速度が要求されており，そのために複数のアプローチが考えられてきた．例えば，複数のアンテナや多値変調方式により大容量伝送を可能にする試みや，複数無線システム間で周波数帯域を共用して確保し，通信速度を増加させる方法が提案されてきた．これらのアプローチは既存のギガヘルツ波帯(GHz 帯)までを想定しており，従来よりも100倍の伝送容量を達成するには周波数帯域が狭く根本的な解決にならない．これに対してテラヘルツ波帯(THz 帯)での無線通信は，GHz 帯の 100 倍以上の周波数帯域が存在するため，6G で要求される通信速度を十分に達成できる可能性を秘めている。  しかしながら，THz 帯では通信を行うためのアナログデバイス，電波が通る伝搬路，送受信機の集合体で構成されるネットワークの３つ（図 1）に課題がある．  課題１：干渉除去の課題：THz 帯通信では多数（要具体的な数）のナノデバイスが独立して通信を行うネットワークが想定される．この場合，デバイス間で干渉が生じる可能性があり，低消費電力で干渉を適切に制御する手法が必要となる [1]．  課題２：伝搬路の課題：THz帯では既存の周波数帯とは異なり分子吸収によって周波数特性に歪みが生じ，通信が困難になる．さらに高い周波数では距離減衰が大きい[2]．  課題３：アナログデバイスの課題：THz帯においてフラットな周波数特性を持つアナログデバイスの開発は困難である [3]．  研究目的・研究内容  干渉除去の課題・伝搬路の課題・アナログデバイスの課題を解決することで、THz帯の無線通信を実現させることが目的である。これまでのTHz帯の研究では別々に研究されてきた３分野を横断し、相互に補完していくことで確実に実現させていく。干渉除去の課題の解決方法として、アンテナ素子を列状に複数備えたアダプティブアレーアンテナに着目した。申請者は、これに素子間隔制御を組み込んだ空間軸デジタル信号処理により，非常に少ないアンテナ素子数で超効率的に空間的な干渉を除去できることを示してきた。また、伝搬路とアナログデバイスによって生じる周波数特性の歪みは、逆フーリエ変換によって時間的な干渉と解釈できることに着目し、デジタル信号処理を空間軸だけでなく時間軸に拡張することによって伝搬路とアナログデバイスの歪み課題を補完できると考えた。以上より、THz 帯において課題となる電波伝搬特性，アナログデバイスの特性，そして他無線システムからの干渉を包括的に考慮した低消費電力なアダプティブアレーアンテナに基づく無線通信方式を理論検証および実証実験により明らかにする．具体的には以下の３項目を明らかにする．  １：THz 帯におけるアナログデバイスと電波伝搬の特性に対する適切な送信信号の設計と信号処理法  ２：THz 帯における超高効率なアレーアンテナによる干渉制御法  ３：時空間信号処理の適切な計算リソース配分法  この時空間デジタル信号処理を実現するには、伝搬路とアナログデバイスの周波数特性を明らかにする必要がある。しかしながらTHz帯の研究において伝搬路モデル化、アナログデバイスの研究開発、送受信のデジタル信号処理は個別に取り組まれており、実現には分野横断的な研究が必要になる.申請者はこれまでの人脈を用いて、THz帯における伝搬路モデルにおいてはオウル大学と、アナログデバイスの研究開発においては広島大学と共同研究を行い、その知見を利用することで効率的な研究を行う。このように伝搬路モデル化・アナログデバイスの研究開発・送受信のデジタル信号処理を包括的に取り組むことで世界で初めてTHz 帯の最適な通信システムを効率的に実現できる． | |

|  |
| --- |
| **年次計画（ 1ページ以内で記述すること。）**  研究方法・研究内容  上記の 3 つの目的を達成するために，本研究では 3 つの異なる分野の課題に対して以下の①～⑥の項目に段階的に取り組む．（図 2）  研究計画   1. 超高効率アレーアンテナの特性解析   素子間隔制御型アレーアンテナの特性解析を行い、空間軸デジタル信号処理における干渉制御を確立する。申請者の研究により、卓越した性能が明らかにされている（成果 5,7）が、適切な素子間隔の解析的導出が困難であるため、現在は全探索を用いて最適な素子間隔を設定し、膨大な計算量が必要とされている[4]。対策として、まず素子間隔の候補数を最小限に絞る。THz帯の反射波の減衰が大きく直接波が支配的な場合、通常の等間隔ではなく不等間隔の素子間隔がより高い通信品質を達成できる。そのため、高い通信品質が達成しやすい素子間隔パターンの候補を明らかにし、素子間隔候補を予め限定する。次に、限定された素子間隔候補の中から適切な素子間隔を機械学習によって効率的に求める。これにより、計算量を削減しつつ、高性能なアレーアンテナの設計が可能となる。   1. THz 伝搬路特性を考慮した時間軸信号処理法   THz帯の伝搬路は、分子吸収によって複雑な周波数特性を持つことが明らかになっており[2]、これを周波数選択性と呼ぶ。信号の時間的広がりによって送信シンボル間の干渉が生じ、無線通信品質が劣化する。これに対し、送信信号の設計と時間軸からの等化に基づく信号処理を採用する。送信信号の設計では、送信シンボル間隔を空けることでシンボル間干渉を抑制できるが、データレートが下がるため、データレートと通信品質のトレードオフが存在する。時間軸等化信号処理では、シンボル間干渉を抑制しようとするほどフィルタが長くなり、計算量と通信品質のトレードオフが生じる[5]。これらのデータレート、通信品質、計算量のトレードオフ関係をモデル化する。申請者らは本計画に先立って、通信品質と計算量に関するトレードオフの関係を明らかにしており、さらにTHz帯の伝搬路による信号の時間的広がりをモデル化するために時間軸伝搬路のモデル化に取り組んできた。しかし、THz帯の時間軸伝搬路モデルの実証実験による妥当性の確認はまだ限定的であるため、共同研究者であるオウル大学と協力してモデルの妥当性を実験によって確認しながら、より正確な電波伝搬路情報を利用する。   1. 伝搬路特性および干渉制御のための時間-空間信号処理法   他無線システムからの干渉に対するアレーアンテナの干渉制御と，THz 帯電波伝搬によるシンボル間干渉に対する信号処理の干渉抑制を組み合わせ，空間軸と時間軸を合わせた信号処理法を構築する．②で得たデータレート，通信品質，計算量の関係のモデルを基に，目標とする通信品質を効率的に達成する計算機リソースの配分法を明らかにする．アレーアンテナによる空間軸の干渉制御と時間軸信号処理によるシンボル間干渉制御に関して、送信信号の設計や時間軸及び空間軸信号処理への計算リソースの割り当てを通じて、データレートと通信品質の関係を明らかにする。．   1. アナログデバイスの周波数特性を考慮した時間軸信号処理法   超高周波であるTHz帯では、フラットな周波数特性を持つアナログデバイスの開発が困難である[3]。③と同様に、時間軸からの等化信号処理を採用するが、アナログデバイスの周波数特性を明らかにする必要がある。共同研究者である広島大学と協力し、THz帯アナログデバイスの周波数特性を調査し、アナログデバイスにおける周波数特性のフラット性と等化信号処理を用いた通信品質の関係を明らかにする。これを基に、アナログデバイスの開発において求められるフラット性の程度を明確にし、THz帯アナログデバイスの設計・開発を共同で行う。  ⑤ 伝搬特性およびアナログデバイス特性を考慮した時間-空間信号処理法  ①～④までの成果を統合し、デジタル信号処理、アナログデバイス特性、そして電波伝搬路を考慮した包括的なTHz帯無線通信品質特性の検証を計算機シミュレーションレベルで実施する。②で開発した送信信号設計と、③で明らかにした時空間信号処理への計算リソース配分法を、アナログデバイス特性を考慮して検討する。  ⑥ THz 帯における超高効率アレーアンテナによる無線通信の実証実験  オウル大学や広島大学の協力のもとデジタル信号処理，アナログデバイス，そしてアレーアンテナを用いた THz 帯における実証実験に取り組む．これにより，THz 帯無線通信の可能性とこれまでの計算機シミュレーヨン等による検討の妥当性を明らかにする．実証実験と計算機シミュレーションによる性能評価は必ずしも一致しないことから，その違いを明らかにし，実際の THz 帯無線通信においてまだ明らかでない課題があればそれを明確にする． |
| **１．****尖端研究力獲得への展望（自身がどのように尖端研究力を獲得していく展望があるのかを1ページ以内で記述すること。）**  尖端研究力には以下の３つが必要  ・社会背景から学術的課題を抽出する力  ・個人で研究を推進する力  ・他者の研究と自らの研究を合わせて協力することで上位の研究を生み出す力  社会背景から学術的課題を抽出する力  いまや無線通信はモノがインターネットに繋がるIoT社会に必要不可欠な存在となっている．申請者は無線通信の研究を専攻しており，その学術的成果は社会のニーズを満たす無線通信技術に貢献するものであるべきだ．社会に活かされる学術研究を推進するためには，実現したい技術から課題を洗いだしたり， 解決したい社会問題を学術的な課題に落とし込んだりする力が必要であると申請者は考えている．そのために企業や総務省の人々とも積極的に交流し，アカデミックの視点からだけでなく産業界・官公庁の視点からも研究内容の検討を重ね，世間のニーズに合った有効な研究を行っていく．  個人の研究推進力には地道な検証の積み重ねと，基礎の徹底的な理解が必要不可欠である．例えば申請者の無線通信の分野で言えば，無線工学・通信工学の勉強のみならず，その土台となる線形代数学・微積分学・統計学などの勉強を行う．その際に教科書や論文を読むだけでなく，数式の証明を手計算したり，結果をシミュレーションで再現したりすることが重要である．数式や結果を再現することが分野に対する深い理解を生み出し，そこから生じる疑問が新たな研究に繋がるからである．実際に申請者は，論文に記載された無線通信における２値変調信号の電力分布のシミュレーションの再現をするにあたり，多値変調信号の電力分布がどうなるのかの疑問を持ち，その定式化をしたことで周波数共用における信号検出技術の研究に発展した．この成果は国内学会発表・国際学会発表まで発展し，最終的には国際共著論文になっている．このように焦らず丁寧に理解と検証を重ねる能力が，研究を進める力の中でもっとも重要なものの１つであると考え，日々実践している．  さらに，最先端の研究を進める上では自分以外の研究分野の課題やアイデアを多く知り，自分の研究に取り入れていくことが重要である．そのためには，積極的に学会に参加したり留学をしたりすることで他人の最先端の研究を知り，知識を蓄えていく．申請者は既に数多くの国内学会及び国際学会に出席し，研究分野が離れていても積極的に質問を通して議論を展開してアイデアを習得した．自らも３つの研究分野を同時並行で進めており，相互的な理解を進めることで新たな視点を得られると考えている．1 つ目に，複数無線シス テム間の周波数共用を実現するために，多値変調方式を用いた場合の信号検出に必要な数理統計モデ ルを明らかにしてきた(成果 1,2,3,4,6)．2 つ目に，究極に少ないアンテナ素子数で実装するアレーアン テナを開発し，その卓越した性能を明らかにした．さらにその信号処理アルゴリズム開発にも取り組 んでいる(成果 5,7)．3 つ目に，時間軸における信号処理での干渉除去にも取り組んでいる．実際，これら３つの分野に取り組んだことで，本申請書にある超高速通信のためのテラヘルツ帯通信の研究アイデアの着想に繋がっている．このように分野横断的な理解を進めることで，研究課題をこれまでにない方法で解決していくことができると考える．  現代の非常に高度化され，かつ多分野にまたがる技術を効率的に生み出していくには，個人の研究を最新の研究と合わせ，より高度な研究に昇華させる能力が必要である．それには，各分野において第一線で活躍している研究者との継続した共同研究が重要だ．申請者は既に，無線通信の各分野において最先端の研究を行っているオウル大学のCenter for Wireless Communication の研究者たちと共同研究を行っている．無線通信の空間多元接続を可能にするアレーアンテナにおいてはAntti Tolli教授と，高速・大容量通信を可能にする周波数共用技術においてはJanne Lehtomaki 教授と共同研究を行い，既に国際論文を含む実績を生み出している．今後は，テラヘルツ帯における超高速無線通信の実現のために，CWCとはテラヘルツ通信の数式モデルの開発を，最先端のテラヘルツ帯デバイスを研究する広島大学とはデバイス開発を共同で行うことを計画していて，既に進んでいる．このような各分野の最先端の研究を行っている人たちと共同研究を行うノウハウが現代の多分野的な研究には重要であり，引き続き様々な研究課題を協力して解決していく． |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **２．****尖端研究力を活かした事業展開や社会実装等、広い視野からの社会貢献への展望（自身が尖端研究力を活かし、どのような社会貢献への展望があるのか1ページ以内で記述すること。）**  申請者は自らの先端研究力を活かし，以下の２つの点から社会貢献を目指す．  ・オウル大学での研究留学で得たネットワークや国際的な共同研究実績を基に、次世代無線通信の研究を推進して社会に貢献する．  ・これまでのアウトリーチ活動を通じて培ったコミュニケーション力を活用し、一般市民や学生への教育・普及活動にも力を入れることで次世代無線通信の普及と次世代の研究者の育成を促進する．  １．  研究力を活かして社会に貢献するには，社会に必要とされている技術の研究が必要である。申請者は無線通信分野での研究力を活かし、次世代無線通信（5G,6G）の社会実装を目指す．５G通信は表に示すように，あらゆるモノがインターネットにつながるIoT社会を実現する上で必要不可欠な技術である．[soumu]   |  |  | | --- | --- | | **次世代無線通信の特徴** | **応用例** | | 超低遅延 | リアルタイムの操作が要求される自動運転や遠隔ロボット手術 | | 超高速無線通信 | 膨大なデータ通信量が要求される4K/8K映像やVR技術 | | 多数同時接続 | 膨大な数のセンサーや端末が存在するスマート工場やインフラ維持管理 |   申請者はTHz帯通信の実装により超高速無線通信を実現することで社会貢献を目指す．しかしながらTHz帯通信に存在する研究課題は，アナログデバイス開発，通信路の数学モデルの開発，通信性能最適化のための信号処理の開発など複数分野に跨っている．各分野の専門家との連携が超高速無線通信実現のための最短ルートだと考え，通信路の数学モデルに精通するオウル大学やアナログデバイス開発を行う広島大学と共同研究を行うことを計画した．緊密な共同研究には各研究者との個人的なネットワークが重要であるが，申請者はオウル大学への４度の研究留学と広島大学との月例ミーティングによって国際論文誌を含む研究実績を残しており，共同研究を効率よく進める土台がある．  また，研究によって得られた学術的な成果を次世代無線通信として標準化して社会で実装するには，学術界のみならず産学官との人的ネットワークが必要である。申請者は，フィンランドのオウル大学主催の6G Flagshipという無線通信研究の中で世界最大規模の産学官プロジェクトの学会に参加し，その中の１つのコミュニティ(CWC: Center for Wireless Communication)の研究者と共同研究を行って国際共著論文をIEEEに投稿している．申請者は毎年オウル大学のCWCに研究留学をしており，最先端の研究を行っている教授やNokia職員と積極的に議論を行っている．逆にCWCの教授も日本の研究室に訪れて共同研究を行う等，申請者は最先端の無線通信研究コミュニティとの繋がりが深い．また，申請者は学生の立場ではあるが既に学会で積極的に産学官問わず名刺交換を行い，議論に参加することで人的ネットワークを広げている．さらに今年に始まる電通大主催の「次世代無線通信技術イノベーション創生コンソーシアム」にも参加し，そこに集まる企業や総務省の方々との交流も行っている．このような産学官の人的交流から生まれる共同のプロジェクトを起こすことで，無線通信技術の普及と社会実装に大きく寄与し、申請者の研究力を活かした社会貢献への道を切り拓く。  2.  新しい無線通信技術を社会へ普及するには，無線通信に携わっていない人々の理解も非常に重要である．無線通信技術の教育や講演による普及活動にも取り組むことで、申請者の研究成果が広く一般市民や学生に理解され、無線通信技術の浸透を促進する。また，無線通信に興味を持たせることで，次世代の無線通信研究者が増えることが期待できる。申請者は自らの研究内容をオープンキャンパスで高校生に，オリエンテーションで在学生に，ペアレンツデーで在学生の保護者に対してわかりやすく伝える講演を行った実績があり，引き続きこうしたアウトリーチ活動を通して広い視野から社会貢献をする．  参考文献  [1]https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd111310.html |

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| **３．****共同研究における自身の目的と計画（自身が尖端研究力を活かし、どのような共同研究の目的と計画をするのか1ページ以内で記述すること。）** |

**４．学業・研究業績**

（下記の項目について申請者が中心的な役割を果たしたもののみ項目に区分して記載してください。その際、通し番号を付すこととし、該当がない項目は「なし」と記載してください。申請者にアンダーラインを付してください。）

(1) 学術雑誌等に発表した論文、著書（査読の有無で区分して記載してください。印刷済及び採録決定済のもののほか、投稿中、審査中のものも記載できますが、投稿準備中のものは除く。）後ほど、投稿済みであることを証明できる受理通知などの控えの提出をお願いすることがあります。

著者（申請者を含む全員の氏名を、論文と同一の順番で記載してください。）、題名、掲載誌名、発行所、巻号、pp開始頁－最終頁、発行年をこの順で記入してください。

(2) 学術雑誌等における解説、総説

(3) 国際学会等における発表（口頭・ポスターの別、査読の有無を区分して記載してください。）

　　　著者（申請者を含む全員の氏名を、論文等と同一の順番で記載してください。）、題名、発表した学会名、論文等の番号、場所、月・年を記載してください。発表者に○印を付してください。（発表予定のものは除く。ただし、発表申込みが受理されたものは記載しても構いません。その場合は、＜発表決定＞と記載してください。）

(4) その他学会等における発表

　　　(3)と同様に記載してください。

(5) その他（受賞歴、その他の研究活動における成果）

|  |
| --- |
| **【論文**】  （査読有り）   1. 農工太郎、小金井花子、･･･ 「（題名）」、『(掲載誌名）』、○○出版、○号、pp57－62、2020 2. 農工太郎、府中治郎、小金井花子、･･･ 「（題名）」、『(掲載誌名）』、△△出版、○号、pp17－22、2018　＜採録決定＞   （査読なし）   1. 府中治郎、農工太郎、・・・ 「（題名）」、『(掲載誌名）』、○○出版、○号、pp33－39、2015   **【学術雑誌等における解説、総説】**  １）農工太郎・・・ 「（題名）」、『(掲載誌名）』、○○出版、○号、pp57－62、2016  **【国際学会等における発表】**※発表者に○を付すこと※  （口頭発表 査読有り）   1. ○Noko T, Koganei H , Fuchu J・・・ 「（題名）」、『(学会名）』、BB-11、Los Angeles, USA、(June 2015)＜発表決定＞   （口頭発表 査読なし）   1. ○Noko T, Fuchu J,・・・ 「（題名）」、『(学会名）』、BB-11、Hawaii, USA、(Dec 2020)   （ポスター発表 査読なし）   1. ○Noko T, Kobatake H,・・・ 「（題名）」、『(学会名）』、BB-11、London, UK、(June 2020)   **【その他学会等における発表】**  （口頭発表 査読無し）  １）○農工太郎、小金井花子、・・・ 「（題名）」、『(学会名）』、No.200、仙台、2018 年9 月  **【受賞歴等】**  １）学振太郎・・・「（賞の名称）」、2017 年4 月  **【その他の研究活動上の成果】**  なし  注1）赤字は記載例です。記載の際は、記載例を削除し、黒字で記載してください。  注2）このページの項目の幅は自由に変えてもかまいません。 |