

2024年度

RIEC Award 授賞式

開催日時：2025年2月14日（金）
14:40～15:10
ハイブリッド開催（対面・オンライン）

RIEC Award 授賞式次第

司会 東北大学電気通信研究所

副所長 佐藤 茂雄

- 挨拶 東北大学電気通信研究所 所長 羽生 貴弘
- 授賞 (財)電気通信工学振興会 理事長 塩入 諭
- 受賞者挨拶

RIEC Award 受賞者

RIEC Award

鈴木 健仁 氏 (東京農工大学 大学院工学研究院)

業績：「極限屈折率材料の開拓によるテラヘルツ応用システムの研究」

授賞理由：

鈴木氏は、材料の物性値を高周波の電磁波領域で自由に制御することを目標に、6G (Beyond 5G) 通信のキャリア周波数のテラヘルツ電磁波領域で、自然界には存在しない屈折率を持つ超高屈折率・無反射材料を生み出し、さらにその材料をテラヘルツデバイスへ応用する学理を構築されました。メタマテリアル分野の研究において、近い将来の 6G 通信などの社会的ニーズに適合した重要な研究であり、基礎研究から社会実装までの幅広い分野を踏まえた益々の発展が期待されます。研究の独創性、卓越性、発展性のいずれも非常に優れており、社会および電気情報通信をはじめとする幅広い分野の今後の進歩に大きく貢献し、また氏の研究者としてのさらなる飛躍も大いに期待されることから、RIEC Award にふさわしいものと認められました。

略歴：2004年3月 東京工業大学工学部電気電子工学科卒業
2006年3月 東京工業大学工学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程修了
2006年4月～2009年3月 独立行政法人日本学術振興会特別研究員 DC1
2009年3月 東京工業大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻博士課程修了
2009年4月 茨城大学工学部電気電子工学科 助教
2015年4月 茨城大学工学部電気電子工学科 講師
2017年6月 東京農工大学大学院工学研究院先端電気電子部門 准教授
2018年10月～2022年3月 国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ研究者
2023年4月～国立研究開発法人科学技術振興機構 創発研究者

RIEC Award 東北大学学生賞

郭 琦 氏 (東北大学 大学院情報科学研究科 特任助教 (研究))

業績: 「動的無線ネットワークにおける知的なトラフィック制御に関する研究」

授賞理由:

郭氏は、動的無線ネットワークにおいて、連合強化学習に基づいた送信電力とチャネル帯域幅の共同割り当て戦略を提案し、デジタルツイン技術を用いて仮想空間上で強化学習を実行して最適なりソース割り当て戦略を探索して、実ネットワークに実装しました。動的な通信トラフィックの制御に人工知能やデジタルツインを用いた研究内容やフォーカスは非常に興味深く、独創的で、本研究成果は社会に大きく貢献するものと期待できます。研究の卓越性と発展性ともに非常に優れており、電気情報通信分野の進歩に大きく貢献し、また氏のさらなる飛躍も大いに期待されることから、RIEC Award 東北大学学生賞にふさわしいものと認められました。

略歴: 2016年6月 Beijing University of Posts and Telecommunications, Telecommunications Engineering and Management 卒業
2016年9月 Beijing University of Posts and Telecommunications, State Key Laboratory of Information Photonics and Optical Communication 博士前期2年の課程入学
2019年6月 同 修了
2021年10月 東北大学大学院情報科学研究科 博士後期課程 編入学
2024年3月 同 修了
2024年4月～ 東北大学大学院情報科学研究科 特任助教 (研究)

鈴木 陸 氏 (東北大学 大学院医工学研究科 博士課程後期3年の課程)

業績: 「光音響イメージングによる微小血管の高精細化及び機能的可視化法に関する研究」

授賞理由:

鈴木氏は、音響分解能光音響顕微鏡を用いた微小血管の可視化に関して、レーザーの広域照射により実際の血管よりも太く見えてしまう問題への解決策として、Vector Coherence Factorによる受信信号の重み付け法が有効であることを明らかにしました。これは微小血管の形態を非侵襲かつ高精細に行うことができるものであり、医療分野における応用が期待でき、研究の独創性だけでなく社会に与える貢献が高い研究だと考えられます。研究の卓越性と発展性ともに非常に優れており、電気情報通信分野の進歩に大きく貢献し、また氏のさらなる飛躍も大いに期待されることから、RIEC Award 東北大学学生賞にふさわしいものと認められました。

略歴: 2021年3月 東北大学医学部保健学科検査技術科学専攻 卒業
2021年4月 東北大学大学院医工学研究科医工学専攻 博士課程前期2年の課程 入学
2022年9月 東北大学大学院医工学研究科医工学専攻 博士課程前期2年の課程 短縮修了
2022年10月 東北大学大学院医工学研究科医工学専攻 博士課程後期3年の課程 入学
2023年4月 独立行政法人日本学術振興会特別研究員 (DC1)
2025年9月 東北大学大学院医工学研究科医工学専攻 博士課程後期3年の課程 修了見込み

極限屈折率材料の開拓によるテラヘルツ応用システムの研究

東京農工大学 工学研究院 鈴木健仁 takehito@go.tuat.ac.jp

6G/7G 通信に向けたキャリア周波数として、テラヘルツ波帯の使用の検討が進んでいる。テラヘルツ波帯光源から発振されるテラヘルツ波はしばしば放射状に放射されるため、コリメートレンズなどの光学コンポーネントが使われる。しかしながら、自然材料による光学コンポーネントは3次元でかさばるものが多く、テラヘルツ波帯光源と光学コンポーネントのワンチップ化には解決すべき課題が多い。そこで、我々は自然界には存在しない超高屈折率で低反射なメタサーフェスを実現した[1]。メタサーフェスは、波長よりも小さなメタアトムにより、波長よりも大きな構造を実現した人工構造材料である。我々が独自に発見した超高屈折率で低反射なメタサーフェスは、テラヘルツ波帯メタレンズアンテナへの応用が進んでいる[日本特許第 6596748 号、米国特許第 10686255 号、国際公開番号 WO/2021/045022, 他]。さらに、独自のテラヘルツ波帯メタレンズアンテナを RTD に搭載して、RTD から放射される放射状のテラヘルツ波を平面波にコリメートし、パワー密度 4.2 倍の高指向性化を実験で確認した[2]。また、距離 1 mm(1 波長)の極短焦点なテラヘルツ波帯メタレンズアンテナを実現し、共鳴トンネルダイオード(RTD)から放射される放射状のテラヘルツ波を平面波にコリメートし、パワー密度 3 倍の高指向性化を実験で確認した[3]。極短焦点なテラヘルツ波帯メタレンズアンテナの F/D 比と開口数 NA は、それぞれ 0.5 と 0.7 である。現在、JST 創発的研究により「テラヘルツギャップを切り開く人工構造材料の深化と 7G 通信への展開」の研究を進めている。

謝辞 本研究の一部は、JST 創発的研究(JPMJFR222I)、JST さきがけ(JPMJPR18I5)、JSPS 科研費基盤研究(B)(24K01376)、JSPS 科研費挑戦的研究(萌芽)(24K21617)、JSPS 科研費基盤研究(B)(21H01839)、JSPS 科研費挑戦的研究(萌芽)(21K18712)の助成を受けたものである。ローム株式会社より RTD のサンプル協力を得た。研究室の歴代の学生の皆様、スタッフの方々、共著者の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Kento Sato and Takehito Suzuki, “Polarization-independent isotropic metasurface with high refractive index, low reflectance, and high transmittance in the 0.3-THz band,” *Nanophotonics*, vol.12, no.13, pp.2537-2544, May 2023.
- [2] Kota Endo, Masashi Sekiya, Jaeyoung Kim, Kento Sato, and Takehito Suzuki, “Resonant tunneling diode integrated with metalens for high-directivity terahertz waves,” *Applied Physics Express*, vol.14, no.8, pp.082001-1-5, Jul. 2021.
- [3] Takehito Suzuki, Kota Endo, Jaeyoung Kim, Kazuisao Tsuruda, and Masashi Sekiya, “Metalens mounted on a resonant tunneling diode for collimated and directed terahertz waves,” *Optics Express*, vol.29, vol.12, pp.18988-19000, Jun 2021.

動的無線ネットワークにおける知的なトラフィック制御に関する研究

所属：東北大学大学院情報科学研究科

氏名：郭 琦

第6世代移動通信システム(6G)は、超高速なデータ伝送速度や高速移動時のサポート、シームレスな接続など高水準の要件に対応することが求められる。しかし、膨大な数のIoTデバイス、大量のデータ、デバイスの異種性、さらにはプライバシーに対する懸念の増大が、効率的なネットワーク管理とトラフィック制御の上で大きな課題となる。従来のトラフィック制御メカニズムは、リアルタイムでの適応性とスケーラビリティに限界があり、これらの複雑なネットワークに対応することが困難である。したがって本研究では、人工知能技術を用いてネットワークの動的な性質に対応可能な、効率的かつ自己適応するトラフィック制御メカニズムの実現を目指す。さらに、計算負荷を軽減するために、本研究ではデジタルツイン技術を活用してモデルの訓練を支援する[1-3]。

[1]では、周波数共有モードで動作するD2D通信支援型セルラーネットワークに基づいて、セルラリンクとD2Dリンク間の干渉を回避するために、連合強化学習に基づいた送信電力とチャネル帯域幅の共同割り当て戦略を提案する。この研究は、一連の研究の基盤を築くものである。

[2]は、[1]に基づいており、連合強化学習モデルをユーザーデバイス上で訓練する手法の構築を目指したものである。しかし、モデルの訓練には高い計算能力が必要であり、計算リソースが限られたデバイスにおいて計算量が大きな学習を実行することは難しい。そこで主要論文の研究では、デジタルツイン技術を導入し、仮想空間上で強化学習を実行して最適なりソース割り当て戦略を探索し、その後実ネットワークに実装することで、効率的なトラフィック制御を提供し、戦略探索中におけるユーザーデバイスの計算および通信の負荷を軽減することを可能とした。

[3]は、UAV支援型地上ネットワークに関する研究をまとめたものである。UAVは、空中から柔軟な接続を提供し、トラフィックの多いエリアでのデータ伝送をサポートすることができる。しかしながら、トラフィックの増加に伴い現状のD2D通信網では限界に達する可能性がある。そこで、主要論文の成果であるデジタルツインを活用した強化学習に基づき、UAVの軌道設計、チャネル帯域幅の割り当て、リレーノードの選択を共同で最適化する戦略を提案した。

- [1] Qi Guo, Fengxiao Tang, and Nei Kato, "Federated Reinforcement Learning-Based Resource Allocation in D2D-Enabled 6G," in *IEEE Network*, vol. 37, no. 5, pp. 89-95, Sept. 2023.
- [2] Qi Guo, Fengxiao Tang, and Nei Kato, "Federated Reinforcement Learning-Based Resource Allocation for D2D-Aided Digital Twin Edge Networks in 6G Industrial IoT," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 19, no. 5, pp. 7228-7236, May 2023.
- [3] Qi Guo, Fengxiao Tang, and Nei Kato, "Resource Allocation for Aerial Assisted Digital Twin Edge Mobile Network," in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 41, no. 10, pp. 3070-3079, Oct. 2023.

光音響イメージングによる微小血管の 高精細化及び機能的可視化法に関する研究

東北大学大学院医工学研究科

鈴木 陸

関節炎初期には微小血管 (直径 10-200 μm) が異常増生し、さらにその径が時間とともに変化することが報告されている。しかし、これらの血管性状を非侵襲かつ高精度に可視化する技術は確立されていなかった。本研究は、光音響イメージング技術を用いてこの課題に応え、従来の限界を超える微小血管の高精細な可視化を実現した。

光音響イメージングは、組織にレーザー光を照射し、光吸収によって発生する超音波信号を検出することで特定の生体内物質を可視化する技術である。特に、ヘモグロビンの光吸収特性を利用することで、微小血管を選択的に観察できる。当研究室では、4素子アレイセンサを用いた光音響イメージングシステムを開発し、遅延加算処理による画像再構成によって被写界深度の向上に取り組んできた。しかし、可視化される血管像が本来の径よりも太く可視化される問題があった(図(a))。

光音響イメージングで生じるこの現象は十分検討されておらず、装置の限界であると考えられていた。しかし、本研究は、この現象がレーザーの広域照射によってスキャン地点近傍にある光吸収体から超音波信号が生じることに起因し、さらに、これらの信号は遅延補正後も信号の位相が揃わないという特徴があることを発見した。

このことから、高精細な可視化のためには、遅延補正後の信号の位相差に応じた重み付け手法が有効であると考えられ、検討の結果、Vector Coherence Factor (VCF) 法が最も有効であることを明らかにした(図(b)) [1]。VCF法により、血管の輪郭が明瞭になり、より真値に近い形状での可視化が可能となった。さらに、本手法を応用し、血管径の分布を定量的に評価する新たな解析法を提案した[2]。この手法では時間信号の周波数解析を行い、スペクトルの特徴量を投影することで血管径を定量化するものであり(図(c))、VCF法によって信頼性の高い解析が可能となっている。

本研究は、微小血管の高精細な可視化と機能的評価に向けた新しい基盤を提案するものであり、炎症疾患の病態解明や治療評価法に繋がることが期待される。

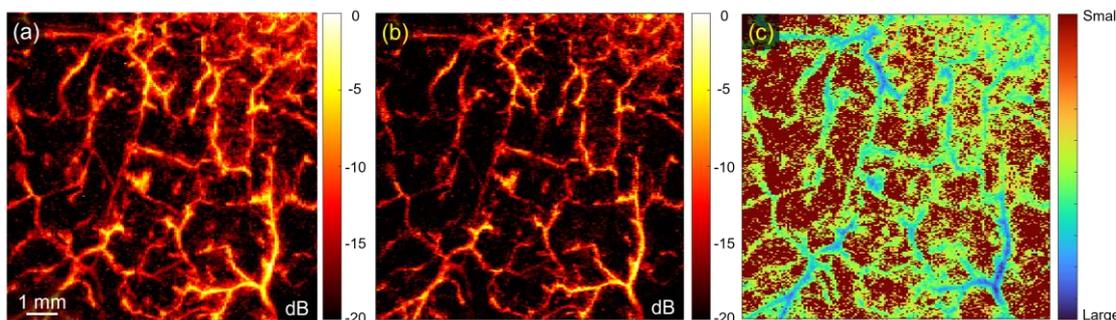


図 (a) 従来手法. (b) 提案手法による高画質化. (c) 提案手法による血管径の評価.

- [1] **R. Suzuki**, R. Shintate, T. Ishii, and Y. Saijo, “Comparative Investigation of Coherence Factor Weighting Methods for an Annular Array Photoacoustic Microscope”, Japanese Journal of Applied Physics, 61, SG1047, 2022.
- [2] **R. Suzuki**, I. G. E. Sulistyawan, T. Ishii, and Y. Saijo, “Effects of Diameter of Optical Absorber Visualized by an Annular Array AR-PAM System on Spectrum Characteristics of Photoacoustic Signals”, Japanese Journal of Applied Physics, 63, 04SP57, 2024.