

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H03266

研究課題名（和文）三次元実空間情報を利用した高信頼プロアクティブミリ波通信制御

研究課題名（英文）Proactive mmWave Communication Management Using Spatiotemporal Sensing Information

研究代表者

守倉 正博（Morikura, Masahiro）

京都大学・情報学研究科・教授

研究者番号：20467400

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、ミリ波通信をはじめとする高周波帯無線通信における見通し通信路遮蔽等の本質的課題を3次元空間情報を活用することで解決し、途切れない信頼性の高い無線通信ネットワークを実現することである。特に機械学習を応用することで、3次元空間情報を内包するRGB画像や深度画像などから直接的に無線通信品質、具体的には将来（数百ミリ秒先）の受信電力やスループットを正確に予測することを可能とした。加えて、予測情報に基づき通信品質を向上するプロアクティブ制御技術を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、3次元センシング情報をもとに無線通信品質を予測・制御するという新たな視座をもたらした点にある。従来では、電波伝搬モデルから通信品質モデルを構築してきたが、複数の基地局・端末・遮蔽物が存在する環境で、動的に変化するミリ波通信品質を高精度に予測することは難しかったが、物体の位置関係や移動を正確に推定できるカメラを用いることで高精度な予測が可能となった。また、本研究の産業的意義としては、ARやVR、4K/8K映像配信など広帯域かつ途切れないことが要求される次世代サービスに向け、安定大容量な無線通信の提供を可能としたことであり、Beyond 5Gや6Gの実現に寄与するものである。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to solve the line-of-sight (LoS) blockage problem in millimeter-wave (mmWave) communications by utilizing spatiotemporal information for realizing a highly reliable wireless communication network. In particular, by applying machine learning, the quality of mmWave communications (e.g., the received power and throughput in several hundred milliseconds ahead) is predicted accurately and directly from RGB and depth images that contain 3D spatial information. In addition, we have established proactive control mechanisms that improve the communication quality of mmWave communications.

研究分野：無線通信

キーワード：ミリ波通信 無線ネットワーク 通信品質予測 プロアクティブ制御 機械学習 コンピュータビジョン

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

モバイルトラフィックは指数関数的に増加し、無線通信帯域の益々の逼迫が懸念される。本研究で対象とするミリ波通信は第五世代移動体通信や次世代無線 LAN などの高速化・大容量化の重要技術の1つとして注目を集めている。

しかし、ミリ波通信には様々な課題が残っている。特にミリ波通信は電波の直進性が極めて高いため、端末移動に伴う建物や街路樹などによる通信路遮蔽に加えて、端末静止時においても歩行者による人体遮蔽が著しく通信品質を低下させる。市販のミリ波通信機器を用いた我々の実験では、スループットは見通し通信時に比べ10分の1以下まで大きく低下した。加えて、人体遮蔽は急激に発生するため、通信路遮蔽発生への対応は従来の電波環境推定、すなわち受信信号電力・スループット等の観測から行うことは難しいと言える。

従来研究では、人体遮蔽発生後に適応的に基地局ハンドオーバーやアンテナ指向性制御を行うリアクティブ通信制御が提案されている。しかし、人体遮蔽による急峻な受信信号電力の減衰に対し、遮蔽の検知から制御完了まで一定の時間を要するため、通信品質低下は免れない。僅かな時間の通信品質低下でも、今後需要の見込まれる4K/8K映像ストリーミングでは映像品質を大きく損なう可能性がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、途切れないミリ波通信を実現するため、異分野技術との統合的な活用による人体遮蔽問題の本質的な解決である。具体的には、RGB-Dカメラと機械学習による空間的電波環境予測、予測結果に基づくプロアクティブ通信制御の実現に向け、方式設計および理論解析を行う。平行して、面展開時の特性分布・理論限界を、確率幾何学やゲーム理論の援用により明らかにする。

3. 研究の方法

プロトタイプによる本質的な課題発見をまず行う。我々は研究開始時点で最新の IEEE 802.11ad ミリ波通信機器、RGB-Dカメラとして Kinect を用いたテストベッドの開発に成功している。本研究では新たに、転移学習により高精度・高解像度な通信品質予測を実現し、電波環境の機械学習に関する適用可能性を検討する。加えて、強化学習や劣モジュラ最適化等による高度なトラフィック流量/経路制御を実現するとともに、面展開時のカメラ及びアンテナの分散最適化を、ゲーム理論や確率幾何学の応用により実現する。構築した理論モデルの検証や提案方式の評価には市販の伝搬シミュレータ及びネットワークシミュレータを用いる。

4. 研究成果

(1) ミリ波通信受信電力測定手法

市販の IEEE 802.11ad 準拠のミリ波通信機器について、見通し通信路遮蔽時の受信電力の減衰を測定する手法を提案した。市販のミリ波通信機器では、無線 LAN 端末と異なり、受信端末において受信電力値を取得することが困難である。ダウンコンバータ及びスペクトラムアナライザを用いることで信号電力を測定することができるが、通信機器は間欠的にパケット送信を行うため、測定データ中に信号とノイズの和が観測される通信中とノイズ電力のみが観測される停止中の状態が混在する。また、通信状態に加えて、遮蔽によっても受信電力値が大きく変動する。本研究成果では、隠れマルコフモデルを用いて通信状態を推定し測定データを通信中と停止中に分類する手法を提案し、遮蔽による受信電力の減衰を測定可能とした(図1)。

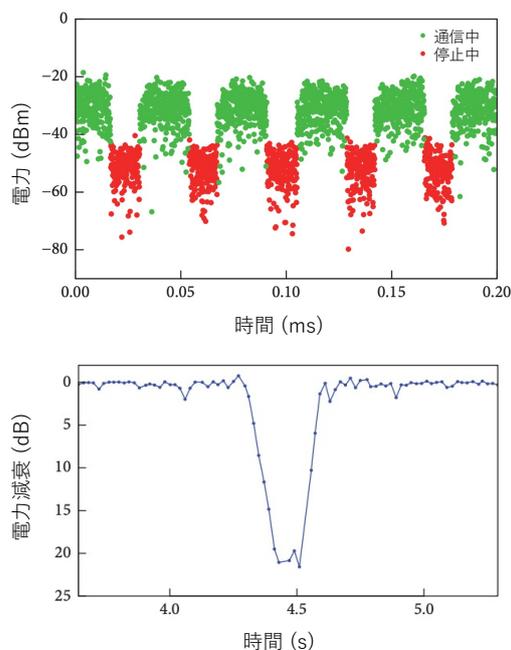


図1 ミリ波受信電力の測定

(2) 深度画像と機械学習によるミリ波受信電力の将来予測技術

見通し通信路遮蔽により受信電力が大きく変動する環境において、3次元空間情報として奥行き情報がピクセルに格納された深度画像を用いて、ミリ波通信受信電力、特に数百ミリ秒先の受

信電力を予測する技術を提案した。人体による見通し通信路遮蔽が発生するとミリ波受信電力は 20 dB 程度減衰する。この大きな受信電力の変動を、画像をもとに予測する。深度画像には、遮蔽物の形状や位置、移動に関する情報が含まれている。機械学習を応用することで、電波伝搬環境情報を含む深度画像から、ミリ波通信受信電力を直接的に予測するモデルをデータから学習することを可能とした。本提案手法により、数百ミリ秒先の受信電力を 3dB 程度の誤差で予測できることを実験により示した(図 2)。

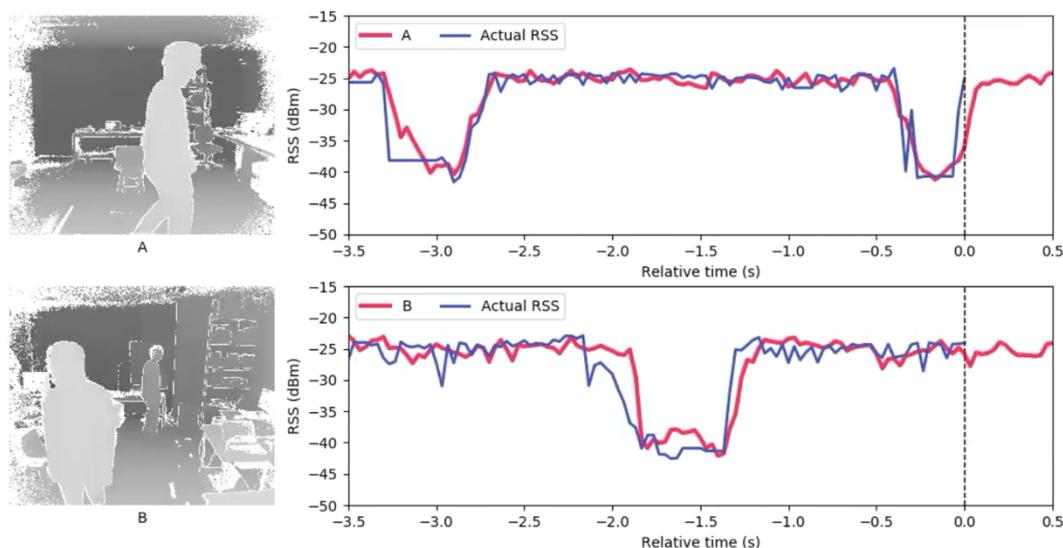


図 2 深度画像と機械学習によるミリ波受信電力予測 (500 ミリ秒先の電力を予測)

(3) 確率幾何学に基づくカメラとミリ波基地局の面展開方式

先に述べた受信電力予測や次に述べるミリ波通信制御による通信品質向上効果は、カメラと基地局の配置により変化する。すなわち、カメラとミリ波基地局の両方に包含される領域では、高品質な通信を享受できる。しかし、設備コストの観点から、設置可能なカメラや基地局の数は限られる。本研究では、確率幾何学によりある数のカメラと基地局を配置したときの通信性能をモデル化し、あるエリアにおける最適な配置数を導出する手法を確立した(図 3)。提案手法を用いることで機器の設置数を削減できることをシミュレーション評価により示した。

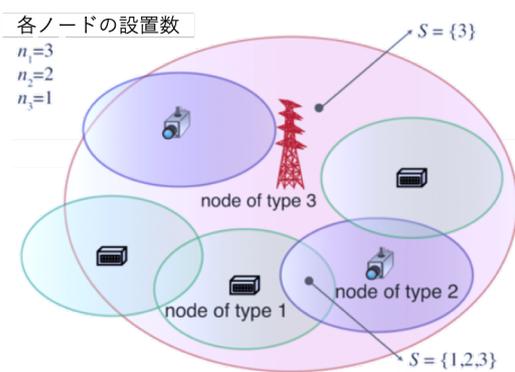


図 3 カメラと基地局の面展開

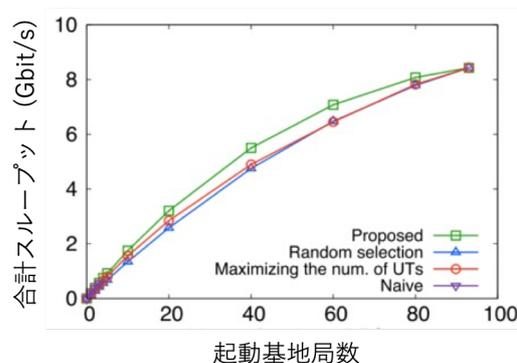


図 4 基地局スリープ制御による効率化

(4) 劣モジュラ最適化によるミリ波基地局省電力制御

1 台のミリ波基地局のカバー範囲は限られることから、面的に広くカバーするためには多数の基地局を配置する必要がある。一方で、時刻ごとのユーザ分布は偏りが生じる。例えば、オフィス街であれば平日昼間は混雑するが、夜間はユーザ数が減少する。この偏りを考慮し、ユーザ分布に応じて、起動する基地局を適切に選択することでシステム全体を省電力化しつつ、通信速度の低下を抑制する手法を提案した。シミュレーション評価により、一定以下の基地局起動数において合計スループットを向上できることを示した(図 4)。

(5) 強化学習によるミリ波通信車両の予測的制御手法

ミリ波通信は車々間通信 VANET (Vehicular Ad-hoc Network) への応用が検討されている。ミリ波 VANET では、車両同士が遮蔽物となるため、ネットワークが途切れ途切れとなりやすい。そこ

で本研究では、カメラ等による通信品質予測を前提とし、予測結果をもとに、遮蔽や通信距離により分断されたネットワークを接続することができる位置に自動運転車両を移動し中継通信することで、ネットワークの接続性を向上させる技術を提案した(図5)。シミュレーション評価により、本手法を用いることでVANETの長さを延長できることを示した。

(6) 強化学習によるミリ波通信予測的ハンドオーバー制御

見通し通信路遮蔽によるミリ波通信品質低下を回避する基地局ハンドオーバー手法を提案した。見通し通信路が発生するのに先立ち、隣接する基地局にハンドオーバーすることで、遮蔽による通信品質低下を回避する。しかし、ハンドオーバーのタイミングは早すぎても遅すぎても、通信品質を低下させることとなるため、最適なタイミングで実行する必要がある。加えて、ハンドオーバー実行時には通信が瞬断するため、遮蔽の影響が小さい場合には、ハンドオーバーしないという選択も必要となる。本研究では、強化学習により、最適なハンドオーバー戦略を学習する手法を提案した。カメラ画像を入力として、その状況にあわせた最適な戦略を決定するモデルを試行錯誤により獲得する。シミュレーション評価により、提案手法が適切なタイミングでハンドオーバーを実行し、平均スループットを向上できることを示した(図6)。

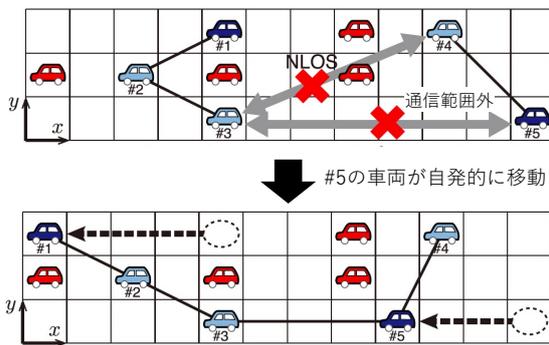


図5 ミリ波VANET移動制御

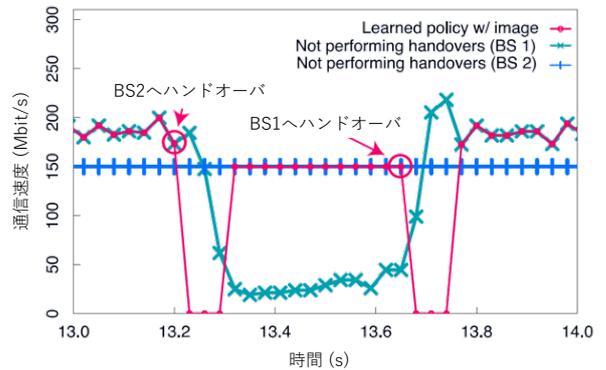


図6 ミリ波基地局ハンドオーバー制御

(7) 研究成果の普及活動

本研究の成果をまとめたチュートリアルは、IEEE 通信ソサイエティのフラッグシップカンファレンス ICC に採択されたほか、10件のチュートリアル講演を行い、成果の普及に努めた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nishio Takayuki, Koda Yusuke, Park Jihong, Bennis Mehdi, Doppler Klaus	4. 巻 -
2. 論文標題 When Wireless Communications Meet Computer Vision in Beyond 5G	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Communications Standards Magazine	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) 10.1109/MCOMSTD.001.2000047	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 該当する
1. 著者名 Itahara Sohei, Nishio Takayuki, Koda Yusuke, Morikura Masahiro, Yamamoto Koji	4. 巻 -
2. 論文標題 Distillation-Based Semi-Supervised Federated Learning for Communication-Efficient Collaborative Training with Non-IID Private Data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Mobile Computing	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) 10.1109/TMC.2021.3070013	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 Nishio Takayuki, Okamoto Hironao, Nakashima Kota, Koda Yusuke, Yamamoto Koji, Morikura Masahiro, Asai Yusuke, Miyatake Ryo	4. 巻 37
2. 論文標題 Proactive Received Power Prediction Using Machine Learning and Depth Images for mmWave Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Journal on Selected Areas in Communications	6. 最初と最後の頁 2413 ~ 2427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSAC.2019.2933763	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 Koda Yusuke, Nakashima Kota, Yamamoto Koji, Nishio Takayuki, Morikura Masahiro	4. 巻 6
2. 論文標題 Handover Management for mmWave Networks With Proactive Performance Prediction Using Camera Images and Deep Reinforcement Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking	6. 最初と最後の頁 802 ~ 816
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCCN.2019.2961655	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 TAYA Akihito, NISHIO Takayuki, MORIKURA Masahiro, YAMAMOTO Koji	4. 巻 E102.D
2. 論文標題 Concurrent Transmission Scheduling for Perceptual Data Sharing in mmWave Vehicular Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 952 ~ 962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2018NTP0008	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 TAYA Akihito, NISHIO Takayuki, MORIKURA Masahiro, YAMAMOTO Koji	4. 巻 E102.B
2. 論文標題 Deep-Reinforcement-Learning-Based Distributed Vehicle Position Controls for Coverage Expansion in mmWave V2X	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 2054 ~ 2065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3299	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 Koda Yusuke, Park Jihong, Bennis Mehdi, Yamamoto Koji, Nishio Takayuki, Morikura Masahiro, Nakashima Kota	4. 巻 24
2. 論文標題 Communication-Efficient Multimodal Split Learning for mmWave Received Power Prediction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Communications Letters	6. 最初と最後の頁 1284 ~ 1288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LCOMM.2020.2978824	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 該当する

1. 著者名 江上晃弘, 西尾理志, 守倉正博, 山本高至	4. 巻 Vol. J101-B
2. 論文標題 劣モジュラ最適化を用いたミリ波無線LAN基地局のスリープ制御	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌 B	6. 最初と最後の頁 383-395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2017MOP0010	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 Koda Yusuke, Yamamoto Koji, Nishio Takayuki, Morikura Masahiro	4. 巻 2018
2. 論文標題 Measurement Method of Temporal Attenuation by Human Body in Off-the-Shelf 60GHz WLAN with HMM-Based Transmission State Estimation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Wireless Communications and Mobile Computing	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2018/7846936	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 OGUMA Yuta, NISHIO Takayuki, YAMAMOTO Koji, MORIKURA Masahiro	4. 巻 E100.A
2. 論文標題 Joint Deployment of RGB-D Cameras and Base Stations for Camera-Assisted mmWave Communication System	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Trans. Fundamentals	6. 最初と最後の頁 2332~2340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E100.A.2332	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 -

〔学会発表〕 計47件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Y. Koda, K. Yamamoto, T. Nishio, and M. Morikura
2. 発表標題 Differentially Private Aircomp Federated Learning with Power Adaptation Harnessing Receiver Noise
3. 学会等名 IEEE Globecom (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Itahara, T. Nishio, M. Morikura, and K. Yamamoto
2. 発表標題 Online Trainable Wireless Link Quality Prediction System using Camera Imagery
3. 学会等名 IEEE Globecom Open Workshop on Machine Learning in Communications (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M. Iwasaki, T. Nishio, M. Morikura, and K. Yamamoto
2. 発表標題 Transfer Learning-Based Received Power Prediction with Ray-tracing Simulation and Small Amount of Measurement Data
3. 学会等名 IEEE VTC2020-Fall (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yamamoto and T. Nishio
2. 発表標題 Machine Learning for/in Wireless Networks
3. 学会等名 ITC 32 - Teletraffic in the era of beyond-5G and AI tutorial (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西尾理志
2. 発表標題 Sim-to-Real in Wireless: 電波伝搬シミュレータを用いた少数データからの受信電力予測モデルの学習
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会 チュートリアル (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩崎正寛、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 電波伝搬シミュレーションを用いた無線通信の受信電力データ拡張に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板原壮平、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 カメラ画像を用いた無線通信品質予測のオンライン学習
3. 学会等名 電子情報通信学会SeMI研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Koda, J. Park, M. Bennis, K. Yamamoto, T. Nishio, and M. Morikura
2. 発表標題 One Pixel Image and RF Signal Based Split Learning for mmWave Received Power Prediction
3. 学会等名 ACM International Conference on emerging Networking EXperiments and Technologies (CoNEXT) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Koda, K. Nakashima, K. Yamamoto, T. Nishio, and M. Morikura
2. 発表標題 Cooperative Sensing in Deep RL-Based Image-to-Decision Proactive Handover for mmWave Networks
3. 学会等名 IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Mikuma, T. Nishio, M. Morikura, K. Yamamoto, Y. Asai, and R. Miyatake
2. 発表標題 Transfer Learning-Based Received Power Prediction Using RGB-D camera in mmWave Networks
3. 学会等名 IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2019-Spring) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Yamamoto and Takayuki Nishio
2. 発表標題 Machine Learning and Stochastic Geometry: Statistical Frameworks Against Uncertainty in Wireless LANs
3. 学会等名 IEEE ICC Tutorials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西尾理志
2. 発表標題 無線通信制御への応用に向けた深層学習の基礎と実践
3. 学会等名 IEEEAP-S Kansai Joint Chapter Tutorial (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 香田優介、Jihong Park,、Mehdi Bennis、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 スプリット学習による深度画像の1ピクセル特徴量からのミリ波通信受信電力予測
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 香田優介、中島功太、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 深層強化学習による深度画像からのミリ波通信プロアクティブハンドオーバー制御
3. 学会等名 電子情報通信学会 RISING
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西尾理志、山本高至、守倉正博
2. 発表標題 機械学習による深度カメラ映像からのミリ波受信電力予測
3. 学会等名 電子情報通信学会 RISING
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小園 涼太、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 機械学習を用いたカメラ映像上のユーザと無線LANに接続された端末の対応づけ
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 香田優介、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 マルチカメラを用いた深層強化学習によるミリ波通信プロアクティブハンドオーバ
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Taya, T. Nishio, M. Morikura, K. Yamamoto
2. 発表標題 Concurrent Data Dissemination at Intersections in mmWave for Cooperative Perceptions
3. 学会等名 IEEE Connected and Automated Vehicles Symposium (IEEE CAVS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Nakashima, Y. Koda, K. Yamamoto, H. Okamoto, T. Nishio, M. Morikura, Y. Asai, R. Miyatake
2 . 発表標題 Impact of Input Data Size on Received Power Prediction Using Depth Images for mmWave Communications,
3 . 学会等名 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC2018-Fall) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 A. Taya, T. Nishio, M. Morikura, K. Yamamoto
2 . 発表標題 Coverage Expansion through Dynamic Relay Vehicle Deployment in MmWave V2I Communications
3 . 学会等名 IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC2018-Spring) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Koda, K. Yamamoto, T. Nishio, M. Morikura, _
2 . 発表標題 Reinforcement Learning Based Predictive Handover for Pedestrian-Aware mmWave Networks,
3 . 学会等名 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Okamoto, T. Nishio, M. Morikura, and K. Yamamoto,
2 . 発表標題 Recurrent neural network-based received signal strength estimation using depth images for mmWave communications
3 . 学会等名 IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 西尾理志
2. 発表標題 無線通信制御への応用に向けた機械学習の基礎と実践
3. 学会等名 IEEEAP-S Kansai Joint Chapter Tutorial (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西尾理志
2. 発表標題 深層学習応用チュートリアル
3. 学会等名 電子情報通信学会RCS研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田谷昭仁、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 深層強化学習を使った車両移動制御によるミリ波路車間通信のカバレッジ拡大
3. 学会等名 電子情報通信学会RCS研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小園涼太、西尾理志、守倉正博、榎 優一、松川尚司、合田卓矢、犬童拓也
2. 発表標題 加速度センサとモーションキャプチャを用いた通信端末とカメラ映像上のユーザのマッピング
3. 学会等名 電子情報通信学会MoNA研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三熊智哉、西尾理志、守倉正博、淺井裕介、宮武 遼
2. 発表標題 深度画像を用いた深層強化学習によるミリ波通信のトラヒック制御の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会MoNA研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西尾理志
2. 発表標題 機械学習による無線通信品質予測と通信制御
3. 学会等名 電子情報通信学会SR研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 香田優介、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 強化学習による遮蔽者の位置情報を活用したミリ波通信ハンドオーバー制御の実験的評価
3. 学会等名 電子情報通信学会RCS研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島功太、香田優介、山本高至、岡本浩尚、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 深層学習を用いた深度画像からのミリ波通信受信信号電力予測
3. 学会等名 電子情報通信学会RCS研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島功太、神矢翔太郎、大津一樹、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 深層強化学習を用いた無線LAN最適チャネル制御
3. 学会等名 電子情報通信学会ASN研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西尾理志、山本高至、守倉正博
2. 発表標題 教師あり学習を用いた付加情報からの無線通信品質推定の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会CQ研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 香田優介、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 信号区間推定機能を備えた簡易なIEEE 802.11adミリ波信号電力測定システムの実現
3. 学会等名 電子情報通信学会RCS研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 江上晃弘、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 劣モジュラ最適化を用いたミリ波通信基地局の集中スリープ制御の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会CQ研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西尾理志
2. 発表標題 機械学習の無線通信制御への応用
3. 学会等名 電子情報通信学会CQ研究会学生ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 香田優介、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 信号区間推定機能を備えた簡易なIEEE 802.11ad無線LAN信号電力測定システム
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Egami Akihiro、Nishio Takayuki、Morikura Masahiro、Yamamoto Koji
2. 発表標題 Dynamic Base Station Sleep Control via Submodular Optimization for Green mmWave Networks
3. 学会等名 CROWNCOM 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koda Yusuke、Yamamoto Koji、Nishio Takayuki、Morikura Masahiro
2. 発表標題 Time Series Measurement of IEEE 802.11ad Signal Power Involving Human Blockage with HMM-Based State Estimation
3. 学会等名 IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-Fall) 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田谷昭仁、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 車車間ミリ波通信における空間情報を用いた受信電力推定
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田谷昭仁、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 コネクテッドカーのためのマルチホップミリ波通信によるカバレッジ拡大
3. 学会等名 電子情報通信学会MoNA研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 江上晃弘、西尾理志、守倉正博、淺井裕介、宮武 遼
2. 発表標題 ミリ波無線LAN基地局のスリープ制御への劣モジュラ最適化の応用
3. 学会等名 電子情報通信学会MoNA研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田谷昭仁、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 ミリ波路車間通信のカバレッジ拡大のための深層強化学習による車両移動制御
3. 学会等名 電子情報通信学会MoNA研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 香田優介、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 遮蔽者の位置情報を活用したミリ波通信ハンドオーバー制御への強化学習応用
3. 学会等名 電子情報通信学会SR研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田谷昭仁、西尾理志、守倉正博、山本高至
2. 発表標題 深層強化学習を用いた車両移動によるミリ波路車間通信のカパレッジ拡大
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 香田優介、山本高至、西尾理志、守倉正博
2. 発表標題 遮蔽者の位置情報を活用した強化学習によるミリ波通信予測的ハンドオーバー
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西尾理志
2. 発表標題 機械学習の基礎と無線通信制御への応用
3. 学会等名 IEEE AP-S Kansai Joint Chapter Tutorial (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西尾理志
2. 発表標題 無線通信制御への機械学習応用
3. 学会等名 電子情報通信学会 RCC研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

RGB-Dカメラと機械学習を用いたプロアクティブミリ波通信制御 http://www.imc.cce.i.kyoto-u.ac.jp/ja/research/cammwave/
--

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
研究分担者	山本 高至 (Yamamoto Koji) (30423015)	京都大学・情報学研究科・准教授 (14301)	
研究分担者	西尾 理志 (Nishio Takayuki) (80711522)	東京工業大学・工学院・准教授 (12608)	

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			
フィンランド	University of Oulu			
オーストラリア	Deakin University			
米国	Nokia Bell Labs			