

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01442

研究課題名（和文）確率幾何とゲーム理論の融合による時空インタラクションデザイン技術

研究課題名（英文）Space-Time Interaction Design: Fusion of Stochastic Geometry and Game Theory

研究代表者

山本 高至（Yamamoto, Koji）

京都大学・情報学研究科・准教授

研究者番号：30423015

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,200,000円

研究成果の概要（和文）：確率幾何、ゲーム理論、機械学習を融合させ、物理レイアウトと無線ネットワークの自律構成技術を創出した。具体的には、二次元空間上での理論的システム性能解析が不可能と思われてきた無線制御技術の性能解析を、確率幾何解析の導入により可能とした。加えて、確率幾何解析と強化学習の融合、深層強化学習の導入、さらには無線機器自体による環境認知結果に基づき、無線環境に心じた高効率無線ネットワーク制御技術を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、今日のインフラを構成する無線LAN、携帯電話といった無線通信システムの通信容量などの性能向上をもたらすのみならず、今日不可欠な人手による運用コストを、新たに加える環境認知結果を用いた自動化により低減可能であることを示している。さらには無線通信システムに通信のみならず、ワイヤレスセンシングという新たなアプリケーションを付与させるという、新たな展開に寄与する。

研究成果の概要（英文）：By integrating stochastic geometry, game theory, and machine learning, we have created an autonomous configuration technology for physical layout and wireless networks. Specifically, the introduction of stochastic geometry analysis enables performance analysis of radio resource management. In addition, we have achieved highly efficient radio resource management according to the radio environment based on the fusion of stochastic geometry analysis and reinforcement learning, the introduction of deep reinforcement learning, and wireless sensing.

研究分野：無線通信システム

キーワード：無線ネットワーク 確率幾何 機械学習 ワイヤレスセンシング

### 1. 研究開始当初の背景

マスカスタマイゼーションの実現にあたっては、生産設備の恒常的なレイアウト変更が生じ、それに伴う電波伝搬環境の時間軸上の変化があったとしても、無線ネットワークの接続性が確保され続ける必要がある。加えて、指向性が強く遮蔽に弱いミリ波の利用や、電波を外部に漏らさない物理層セキュリティの観点により、物理レイアウトと無線ネットワークの空間デザインは不可分となりインタラクションを持つ。本研究の目的は、これら時間・空間・インタラクションという3つの観点を踏まえた、物理的レイアウトと無線ネットワークの自律構成可能なデザイン技術の確立であり、これを時空インタラクションデザイン技術と呼ぶこととする。本技術は、以下の2つの学問的問いに対応する。

[問1] ゲーム理論を用いて制御の振る舞いを解析したとしても、スループットなどの評価には計算機シミュレーションが用いられることが多い。これは無線局の配置のランダム性に起因する。干渉評価も解析的に行えないのか。

[問2] ゲーム理論を用いる際には、スループット特性などに悪影響を及ぼす干渉やセルオーバーラップ面積などを小さくするというアプローチを取ることが多い。一方、スループットなど実際の特性の、時間軸上での向上は保証できない。向上を保証する手法はないのか。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、工場・倉庫における無線ネットワークにおける通信を促進するように学問的かつ学際的アプローチを用いて検討を進めることである。すなわち、問1に対応して無線局配置のランダム性を踏まえた解析を行うために、確率幾何との融合を、順序統計の知見の導入などにより実現する。そして、問2に対応して時間軸でのトータルの性能を向上させるため、計算機科学の分野で発展し、近年の人工知能の発展の中で進展が見られる深層学習・強化学習の知見を融合させる。この際、強化学習とゲーム理論の類似点を活用する。

### 3. 研究の方法

確率幾何・強化学習それぞれについて無線リソース制御との融合方策を検討する。ついで、ミリ波通信を含む無線通信における無線環境情報収集の実験を行い、想定外の問題を明らかにするとともに、その解決策を示す。また、確率幾何・強化学習の融合技術、新たなアプリケーションへの適用に挑戦する。

### 4. 研究成果

#### (1) セラシステムにおける上り回線ユーザスケジューリングの確率幾何解析

確率幾何学と呼ばれる無線通信品質定量化の枠組みを用いて、システムにユーザスケジューリングが適用される場合における通信品質の解析を行った。確率幾何学は、適当な確率モデルの仮定のもと、干渉局の配置に起因する所望信号帯干渉電力比の分布を、解析的な分布の形で得ることを可能にする。従来の確率幾何学による性能解析では度外視されていたユーザスケジューリングに焦点を当て、その適用下での通信品質を解析している。この際、スケジューリングの効果は基地局あたりのユーザの数に依存することに注意し、ユーザ数ごとに通信品質の解析を行い、それらをユーザ数の分布で平均化することで、所望の解析結果を得た。

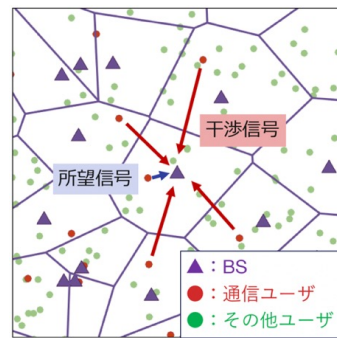


図1: セラネットワークにおける干渉

#### (2) ゲーム理論に基づく無線リソース制御

無線アクセスポイント (AP: Access Point) のチャンネル割り当て問題を考える。APが高密度に配置された環境において、近接する複数のAPが同一チャンネルを共有するケースが増え、干渉によるスループットの著しい低下が発生しやすくなる。帯域の利用効率を改善し、システム全体の性能を向上させるために、適切なチャンネル割り当てが必要である。

本研究では、ゲーム理論に基づいて、レプリカ交換モンテカルロ法 (REMC MC: Replica Exchange Monte Carlo method) と空間適応プレイ (SAP: Spatial Adaptive Play) を用いたアプローチを提案する。提案方式はSAPをサンプリングプロセスとして扱い、レプリカ交換を導入し、ナッシュ均衡への収束速度を改善する。シミュレーション評価により、提案方式が局所的最適解に留まらず、早い段階で大域的最適解に収束することを示した。

#### (3) 多腕バンディットと確率幾何の融合によるチャンネル割当

フェージング、干渉、ユーザ位置のランダム性などにより、チャンネルの情報も動的に変化する。また、チャンネルの通信品質は実際に測定するまで確定できない。不完全な情報の上で、情報を取

集しながら、最適なチャンネルを識別する必要がある。すなわち、チャンネル選択問題には、探索と活用のトレードオフが存在する。

本研究では、多腕バンディット (MAB: Multi-armed Bandit) アルゴリズムの一つ、トンプソンサンプリング (TS: Thompson Sampling) に基づいて、確率幾何学を活用したチャンネル選択方式を提案する。信号対干渉比 (SIR: Signal-to-Interference Ratio) の確率分布を導入することにより、チャンネルのユーザー密度を推定しながら、最適なチャンネルを選択していくことが可能となる。シミュレーション評価により、提案方式が他の比較方式より早い段階で最適なチャンネルに収束することを示した。

#### (4) 文脈付き多腕バンディットによるチャンネル割当

無線LAN (Local Area Network) のスループットは、キャリアセンス動作により隣接するアクセスポイント (AP: Access Point) のチャンネルに大きく影響されるため、隣接APのチャンネルを認識することは重要である。しかし、従来の多腕バンディットベースの無線LANチャンネル探索方式ではこの視点が欠けている。したがって、隣接APのチャンネルが変化した場合、より高いスループットのチャンネルを選択するためには、チャンネルを再評価する必要性が生じる。

そこで、図2のように、競合する隣接APに関して、チャンネル効用関数、すなわち報酬を分離する文脈付き多腕バンディット (CMAB: Contextual Multi-armed Bandit) を用いた分散型無線LANチャンネル探索フレームワークを提案した。提案したフレームワークにより、学習APは観測された報酬を競合APに対して構造的に評価することができる。したがって、学習APは、隣接APのチャンネル変動による報酬変動に対してロバストにチャンネルを評価できるだけでなく、未探索チャンネルに対しても適切に評価することが可能になる。このフレームワークを実現するために、競合AP間の隣接関係を抽出し、報酬関数を競合する隣接APに関連するパラメータの線形結合で表現する競合駆動型特徴抽出 (CDFE: Contention-driven Feature Extraction) を提案した。一方で、学習者が相互に影響しあう環境において利己的な分散学習を実行すると、学習者の行動が収束しない場合が発生する。そこで本論文では、学習ラウンドの前後で異なるチャンネルを探索した場合の報酬に割引パラメータを導入するという重要なアイデアに基づいて、罰則ありJointLinUCB (P-JLinUCB: Penalized Joint Linear Upper Confidence Bound) を提案することにより、チャンネル割当が収束しない問題にも対処する。提案手法は、報酬変動に対してロバストにチャンネル品質を評価できることを確認した。さらに、P-JLinUCBは、罰則を用いないJLinUCBと比べ、より良い収束特性を達成した。

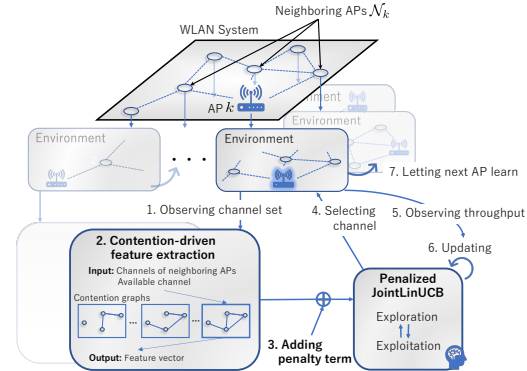


図2: 多腕バンディットによるチャンネル割当

#### (5) グラフ畳み込みを用いた深層強化学習によるチャンネル割当

無線LANアクセスポイント (AP: Access Point) が稠密に配置されている環境におけるチャンネル割り当て問題において、深層強化学習を用いて適切なチャンネル変更を行うアプローチを提案した。無線LANのAPはCSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 方式に基づいて媒体アクセス制御を行うため、キャリアセンス範囲内で多くのAPが同一チャンネルを使用すると、APのスループットは小さくなる。そのため、使用するチャンネルを適切に制御することでスループットの向上が可能である。

本研究では、観測する環境を、キャリアセンス関係を隣接関係とするグラフとしてモデル化し、図3のようにグラフ畳み込みを利用して隣接関係に対する特徴抽出を行うことで、状態数が膨大な問題に対しても適切なチャンネル選択の学習が可能であることを示した。また、リプレイバッファへの経験データの格納手法を工夫することにより、経験データの偏りから生じる過学習を回避する手法を提案した。シミュレーション評価により提案方式が他の比較方式より適切なチャンネル変更が行われていることを示した。

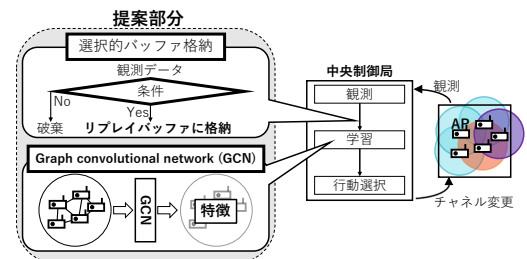


図3: 深層強化学習によるチャンネル割当

#### (6) カメラ動画像とRF (Radio Frequency) 信号強度を用いた強化学習による基地局切替

ブロード無線通信、とりわけ高周波数帯域を用いるミリ波通信システムにおいては、人体等の動的な遮蔽物による受信信号電力の劣化が急峻かつ顕著である。そのような動的な遮蔽物の動き等を含め、過去から現在に至る無線通信環境を視覚的に評価できれば、将来的な受信信号

電力の落ち込みを予測可能で、それを先見的に回避することが無線通信システムとして可能となる。

ミリ波基地局のハンドオーバー制御については、各基地局の評価尺度の獲得を例に、カメラ動画と受信信号電力から無線通信環境を視覚的かつ動的に評価するシステムを提案し、その実現可能性を示した。本システムは、図4aのように、現接続基地局および切替先基地局の評価尺度として、取得したカメラ動画の時系列から予測される将来の無線通信用データレートを、過去の経験から学習する。学習には、状態とよばれる入力情報から、価値とよばれるタスク固有の評価尺度を獲得する価値ベース強化学習を使用し、その中でも画像情報が状態である場合にこれまでに実績のある深層強化学習を使用する。前述のRF信号強度測定器により測定した受信信号電力とカメラ動画のデータセットを使用して学習を行い、遮蔽者が近傍に存在する基地局の評価は低く見積もられるという、カメラ画像を入力とすることの特徴が得られることを確認している。また、学習した評価尺度に基づき基地局切替制御を行った場合、先見的に人体遮蔽を回避することが可能であることを示した。

画像収集にあたる課題については、画像に写る人物のプライバシーと画像収集にあたる通信コストに着眼した。課題解決のアイデアとして、図4bのように、ニューラルネットワークの計算の一部を、入力データを持つ端末等に行わせるスプリット学習を提案した。ここでは、画像を保持するカメラなどのデバイスに、生の画像よりも抽象度の高い特徴量を計算させ送信させる。これにより、画像に写る人物のプライバシーを保護しつつ、通信コストを低減することが可能である。カメラ動画から将来の受信信号電力を予測するタスクを例に、画像の抽象度に応じた予測精度、プライバシーレベル、通信コストを包括的に評価し、それらの関係性を明らかにした。

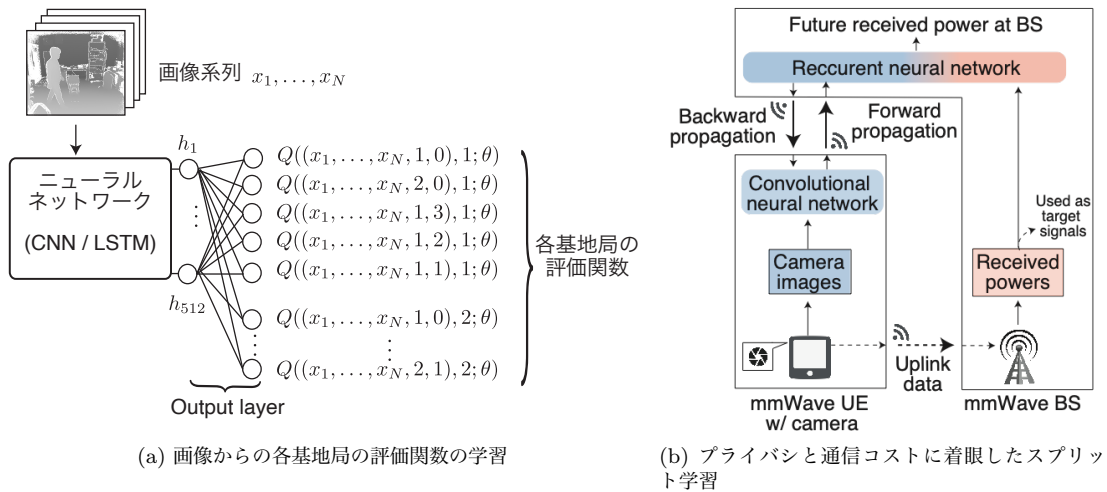


図 4

#### (8) 無線LANセンシングによる無線環境の把握

複数の送受信アンテナを持つ無線LAN機器間のMIMO (Multiple Input Multiple Output) 通信においては、その送受信信号処理のために、送受信アンテナ間でインパルス応答を観測している。インパルス応答は、送受信機の位置や、人体などを含む周辺的环境によって変化するため、このインパルス応答を、本来の目的である送受信信号処理に加え、無線環境のセンシングに用いることが可能である。これを無線LANセンシングと呼ぶ。観測されたインパルス応答を送受信機器から取り出すには、一般に特殊なファームウェアが必要である。

一方、最新の無線LAN規格IEEE 802.11ac/axに準拠した機器間では、ビームフォーミングフィードバック (BFF) と呼ばれる制御フレームが暗号化なく送られており、第三者による傍受が可能である。このBFFフレームには、インパルス応答に基づいた情報 (インパルス応答をフーリエ変換した周波数応答行列を、周波数毎に特異値分解した右特異行列と、全周波数で平均化した特異値) が含まれている。これまでに、インパルス応答の代わりにBFFフレームを機械学習の入力特徴量として用いることで、送受信機の位置や、人体の位置推定が可能であることが示されてきた。一方で、BFFフレームはインパルス応答そのものではないため、インパルス応答自体を用いたセンシングよりも精度が劣化することが懸念されるが、どのような状況で精度劣化が大きいかは明らかではなかった。まず送信アンテナが、素子間隔が半波長より小さい等間隔リニアアレーの場合には、上記右特異行列に基づきMUSIC (multiple signal classification) 法と呼ばれる基本的な波源推定手法を適用すれば、原理上出射角が推定可能であり、これを実機実験により確認した。

一方、MIMO通信においては一般にアンテナ素子間の相関を下げるため、上記のような等間隔リニアアレー形状ではない。そこで、BFFフレームを機械学習の入力特徴量とした場合、受信機  
の位置や、人体の位置推定を行う際、送信機からの出射角の推定精度が、到来角推定精度より有  
意に高いことを図5aの通り実機実験により確認した。加えて、2局間で送り合うBFFフレーム両  
方を用いることで、センシング精度を高められることを図5bの通り確認した。一方でこれらの結  
果は、悪意のある盗聴者が傍受したBFFフレームから無線LANセンシングが可能という、潜在的  
なプライバシーリスクを示唆している。

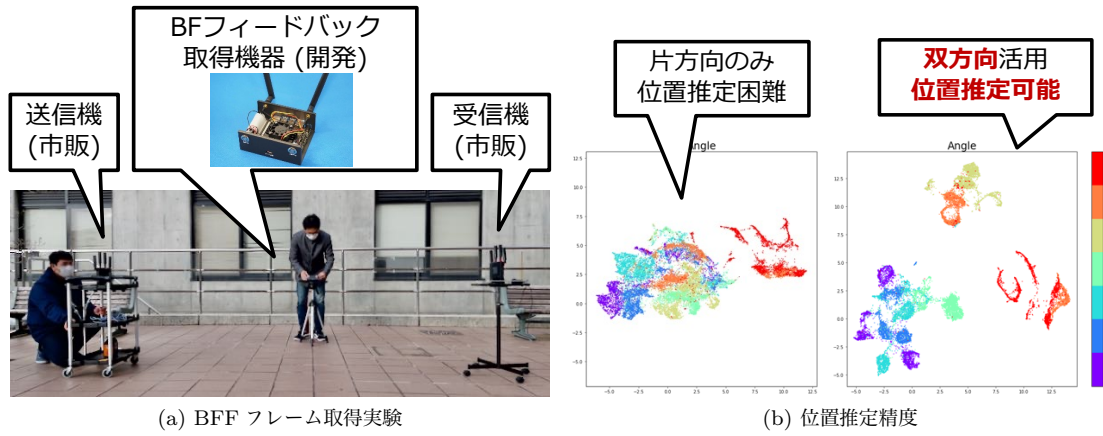


図 5

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Kondo Sota, Itahara Sohei, Yamashita Kota, Yamamoto Koji, Koda Yusuke, Nishio Takayuki, Taya Akihito	4. 巻 10
2. 論文標題 Bi-Directional Beamforming Feedback-Based Firmware-Agnostic WiFi Sensing: An Empirical Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 36924 ~ 36934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3165029	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 該当する
1. 著者名 YAMASHITA Kota, KAMIYA Shotaro, YAMAMOTO Koji, KODA Yusuke, NISHIO Takayuki, MORIKURA Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Penalized and Decentralized Contextual Bandit Learning for WLAN Channel Allocation with Contention-Driven Feature Extraction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	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) 10.1587/transcom.2021EBP3197	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 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 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakashima Kota, Kamiya Shotaro, Ohtsu Kazuki, Yamamoto Koji, Nishio Takayuki, Morikura Masahiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Deep Reinforcement Learning-Based Channel Allocation for Wireless LANs With Graph Convolutional Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 31823 ~ 31834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2973140	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 Deng Wangdong, Kamiya Shotaro, Yamamoto Koji, Nishio Takayuki, Morikura Masahiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Thompson Sampling-Based Channel Selection Through Density Estimation Aided by Stochastic Geometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 14841 ~ 14850
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2966657	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 Kamiya Shotaro, Yamamoto Koji, Kim Seong-Lyun, Nishio Takayuki, Morikura Masahiro	4. 巻 19
2. 論文標題 SINR Distribution and Scheduling Gain Analysis of Uplink Channel-Adaptive Scheduling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Wireless Communications	6. 最初と最後の頁 2321 ~ 2335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TWC.2019.2963866	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 該当する

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 MUSTIKA I Wayan, FATH Nifty, SULISTYO Selo, YAMAMOTO Koji, MURATA Hidekazu	4. 巻 E102-B
2. 論文標題 A Novel Radio Resource Optimization Scheme in Closed Access FemtoCell Networks Based on Bat Algorithm	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 660 ~ 669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018SEI0002	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 該当する

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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 I Wayan Mustika, Nifty Fath, Selo Sulisty, Koji Yamamoto, and Hidekazu Murata	4. 巻 E102-B
2. 論文標題 A Novel Radio Resource Optimization Scheme in Closed Access FemtoCell Networks Based on Bat Algorithm	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 660-669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018SEI0002	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 該当する

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 R. Hanahara, S. Itahara, K. Yamashita, Y. Koda, A. Taya, T. Nishio, and K. Yamamoto
2. 発表標題 Frame-capture-based CSI recombination pertaining to firmware-agnostic WiFi sensing
3. 学会等名 the 19th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 T. Kanda, T. Sato, H. Awano, S. Kondo, and K. Yamamoto
2. 発表標題 Respiratory rate estimation based on WiFi frame capture
3. 学会等名 the 19th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤綜太, 山本高至, 香田優介, 山下卓太, 西尾理志, 田谷昭仁
2. 発表標題 ビームフォーミングフィードバックを用いたワイヤレスセンシングにおける推定精度へのサブキャリア数の影響
3. 学会等名 信学ソ大B-15-11
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本高至
2. 発表標題 無線LANリソース制御への機械学習応用
3. 学会等名 電気系学会関西支部連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神田高望, 佐藤高史, 粟野皓光, 近藤綜太, 山本高至
2. 発表標題 WiFiフレームキャプチャに基づく呼吸数推定に関する検討
3. 学会等名 信学技報SeMI 2021-43
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤綜太, 山本高至, 香田優介, 山下臯太, 西尾理志, 田谷昭仁
2. 発表標題 ビームフォーミングフィードバックを用いたワイヤレスセンシングにおける端末配置の推定精度への影響
3. 学会等名 信学技報SeMI 2021-46
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 花原遼祐, 板原壮平, 山下臯太, 香田優介, 田谷昭仁, 西尾理志, 山本高至
2. 発表標題 フレームキャプチャからのCSI復元によるWiFiセンシング
3. 学会等名 信学技報SeMI 2021-47
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本高至
2. 発表標題 機械学習・無線LANセンシングによる通信品質要因解析
3. 学会等名 信学技報RCS2021-190 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 板原壮平, 西尾理志, 山本高至
2. 発表標題 ビームフォーミングフィードバックを用いたモデル駆動な出発角推定の検討
3. 学会等名 信学技報SeMI 2021-68
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤綜太, 板原壮平, 山下阜太, 山本高至, 香田優介, 西尾理志, 田谷昭仁
2. 発表標題 双方向ビームフォーミングフィードバックを用いたワイヤレスセンシング精度向上手法
3. 学会等名 信学技報SeMI 2021-69
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 角南智也, 板原壮平, 香田優介, 西尾理志, 山本高至
2. 発表標題 コンピュータービジョンによる単一アンテナかつ単一アンカーを用いたRSSI端末位置推定
3. 学会等名 信学技報SeMI 2021-75
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Koda, Koji Yamamoto, Takayuki Nishio, and Masahiro Morikura
2. 発表標題 Differentially Private AirComp Federated Learning with Power Adaptation Harnessing Receiver Noise
3. 学会等名 IEEE GLOBECOM 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020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 差分プライベートなOver-the-Air 演算を実現する送信電力制御の提案
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 山下臯太, 神矢翔太郎, 山本高至, 西尾理志, 守倉正博
2. 発表標題 文脈付きバンディット学習に基づく無線LANチャネル選択のための特徴抽出手法
3. 学会等名 電子情報通信学会SeMI研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本高至
2. 発表標題 無線ネットワークのための機械学習
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koji YAMAMOTO
2. 発表標題 Frameworks Against Uncertainty in WLANs - Part 1 Resource Management for WLANs
3. 学会等名 信学技報 RCS2019-25
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji YAMAMOTO
2. 発表標題 Frameworks Against Uncertainty in WLANs - Part 2 Stochastic Geometry
3. 学会等名 信学技報 RCS2019-26
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji YAMAMOTO
2. 発表標題 Frameworks Against Uncertainty in WLANs - Part 3 Reinforcement Learning
3. 学会等名 信学技報 RCS2019-27
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三枝 菜由, 神矢 翔太郎, 中島 功太, 山本 高至, 西尾 理志, 守倉 正博
2. 発表標題 スマート工場に向けたミリ波通信利用時の最適移動経路の学習
3. 学会等名 信学技報 RCS2019-55
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Bo Yin, Koji Yamamoto, Takayuki Nishio, Masahiro Morikura
2. 発表標題 Inter-Operator mmWave Base Station Sharing: A User Offloading Game
3. 学会等名 信学ソ大 B-5-74
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 信学ソ大 B-15-9
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Nakashima, S. Kamiya, K. Ohtsu, K. Yamamoto, T. Nishio, and M. Morikura
2. 発表標題 Deep reinforcement learning-based channel allocation for wireless LANs with graph convolutional networks
3. 学会等名 the 2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference (VTC2019-Fall) (国際学会)
4. 発表年 2019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チャネル制御学習性能向上のためのリプレイバッファ格納手法の検討
3. 学会等名 MIKA 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大津一樹, 神矢翔太郎, 山本高至, 西尾理志, 守倉正博
2. 発表標題 グラフに基づく強化学習による無線LANチャネル制御の学習効率向上
3. 学会等名 MIKA 2019
4. 発表年 2019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 RISING 2019
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yusuke Koda, Jihong Park, Mehdi Bennis, Koji Yamamoto, Takayuki Nishio, Masahiro 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 CoNEXT 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019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 the 17th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 W. Deng, S. Kamiya, K. Yamamoto, T. Nishio, and M. Morikura
2 . 発表標題 Thompson Sampling-Based Heterogeneous Network Selection Considering Stochastic Geometry Analysis
3 . 学会等名 the 17th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 K. Ohtsu, S. Kamiya, K. Yamamoto, T. Nishio, M. Morikura, and N. Kato
2 . 発表標題 A sequential WLAN channel selection adaptive to factors outside the system
3 . 学会等名 the 17th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Sakakibara, T. Nishio, A. Taya, M. Morikura, K. Yamamoto, and T. Nabetani
2. 発表標題 Communication-efficient cooperative contextual bandit and its application to Wi-Fi BSS Selection
3. 学会等名 the 17th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M. Shinzaki, Y. Koda, K. Yamamoto, T. Nishio, and M. Morikura
2. 発表標題 Reducing transmission delay in EDCA using policy gradient reinforcement learning
3. 学会等名 the 17th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020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 信学技報RCS2018-101
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本高至
2. 発表標題 ポアソソネルネットワークにおけるマルチユーザスケジューリング利得の解析
3. 学会等名 信学技報RCS2018-96
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 信学技報RCS2018-95
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ハンドオーバの実測値に基づく性能評価
3. 学会等名 信学ソ大, B-17-8
4. 発表年 2018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画像からのミリ波通信プロアクティブハンドオーバ
3. 学会等名 信学総大, B-5-100
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本高至
2. 発表標題 ゲーム理論の無線リソース制御への応用
3. 学会等名 信学技報IT2018-31 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	西尾 理志  (Nishio Takayuki)  (80711522)	東京工業大学・工学院・准教授   (12608)	
研究 分担者	守倉 正博  (Morikura Masahiro)  (20467400)	京都大学・情報学研究科・名誉教授   (14301)	

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			
韓国	Yonsei University			
インドネシア	Universitas Gadjah Mada			