

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00136

研究課題名(和文)ディープラーニングによる自律分散型無線ネットワーク制御と最適化

研究課題名(英文)Control and Optimization of Distributed Wireless Networks using Deep Learning

研究代表者

長谷川 幹雄 (Hasegawa, Mikio)

東京理科大学・工学部電気工学科・教授

研究者番号：50358967

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：集中制御のない自律分散型無線ネットワークの性能改善のために、各無線機が機械学習によって最適な動作を自律的に学習する手法を提案した。コンピュータシミュレーションだけでなく、無線LANやIoTデバイスを用いた実機実装による評価実験によって、提案手法の有効性と実現性を示した。機械学習により通信パラメータ設定に応じた性能を推定し最適化する方法、強化学習により自律的に性能を改善していく手法、小型IoTデバイスにおいては軽量の強化学習アルゴリズムを応用した手法等を提案している。自律分散型機械学習によって無線ネットワークの性能向上が可能であることを実証しており、様々な無線通信システムへの応用が期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

無線ネットワークのつながりやすさや通信速度を改善するために、無線機器に搭載する人工知能によって、様々な通信パラメータを最適化する研究である。実際の無線通信を用いた実機実験によって提案手法の有効性を実証してきた。特に、近年普及が進んでいるIoT向けの無線通信システムを用いた提案手法およびその実証は、国内外の多くのニュースサイト等に掲載された(日経産業新聞、QS WOWNEWS、Science Daily、Tech Explorist、Technology Networks、IoTToday、@IT、NIKKEI BUSINESS DAILY)。既に複数の無線通信システムで有効性実証ができており、様々なシステムへの応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In order to improve the performance of distributed wireless networks without centralized control, this research has proposed a machine-learning-based distributed decision making method for each terminal to optimize entire networks. Effectiveness of the proposed scheme has been clarified not only by computer simulations but also by implementation and experiments. For IoT, we have proposed a light-weight reinforcement learning algorithm, and have shown effectiveness of the proposed algorithms by implementing the method on IoT devices and experiments in the real wireless environment. Our contribution on AI-based algorithm implemented on the IoT devices has been featured in various scientific news sites [ex. QS WOWNEWS, Science Daily, Tech Explorist, Technology Networks, IoTToday, @IT, NIKKEI BUSINESS DAILY]. We have shown the possibility of improvement of the network performance by distributed machine learning, and we expect its application to various wireless communication systems.

研究分野：通信・ネットワーク工学

キーワード：無線通信システム 機械学習 Multi-Armed Bandit問題 強化学習 IoT センサネットワーク

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

携帯電話や無線 LAN などの無線通信システムが広く普及し、様々なモノがネットワークに接続する IoT (Internet of Things) の普及も期待されている。様々な種類のデバイスを無線ネットワークに接続していくためには、自律分散型のネットワーク制御が重要となる。しかし、従来の自律分散型無線ネットワークにおいては、常に固定されたプロトコル(ルール)で動作している。そのような方法では、一定のパフォーマンスは保証できるものの、無線通信リソースを最大限利用することは難しい。すなわち、自律分散型無線ネットワークでは、状況に応じて、通信容量や通信品質を改善できる余地がまだ多いにあると考えられる。チャンネルの選択、送信電力の制御、変調方式の選択など、無線ネットワークにおいては様々なパラメータがあるが、これらを自律分散的に最適化することにより、異なる無線システムが混在するような環境においても通信容量を改善できる可能性がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、機械学習によって各無線機の最適な設定や動作を自律的に決定させ、ネットワーク全体のパフォーマンスを最適化することを目的としている。無線通信ネットワークにおいては、様々な信号やパケットが飛び交っているため、それらを継続的に観測しながら各々の設定における性能を確認することによって膨大な数の教師データを利用した学習が可能となる。教師データの数が多くなれば、最適な設定や動作の決定能力がさらに改善していく。本研究では、様々な種類の無線ネットワークを対象とし、それぞれに対して適切な機械学習アルゴリズムを適用しながら、自律分散型無線ネットワークの性能改善を目指す。提案手法の性能評価においては、コンピュータシミュレーションだけでなく、無線 LAN や IoT デバイスを用いた実機実装および実験を行い、有効性と実現性を実証する。

### 3. 研究の方法

各無線端末が収集する様々な通信状態に関する情報から、最適な動作や選択を可能にする機械学習アルゴリズムを提案する。どのような動作や設定変更によって無線ネットワークの通信品質を改善できるかを、機械学習アルゴリズムによって学習させる。機械学習は、教師データとなるサンプルが多くなるほど、高い精度での推定を行うことが可能となる。本研究においては、各無線端末が収集する周囲の電波状況やネットワーク状況を蓄積、あるいは、オンラインで逐次的に学習させていくことによって、各無線端末に搭載する人工知能の意思決定能力を自律的に向上させていく。複数種類の無線通信システムを対象とし、収集可能な状況データと調整や選択が可能な通信パラメータを整理し、適切な機械学習アルゴリズムを適用しながら提案手法を構成する。

機械学習アルゴリズムとしては、ニューラルネットワークを用いたディープラーニングだけでなく、サポートベクトルマシンによるパフォーマンスモデルの推定手法なども利用していく。複数の無線ネットワークを対象とし、観測可能な情報と変更可能な通信パラメータ、通信容量やパケットロスなどの性能指標を定義しながら、自律分散型無線ネットワークにおける動作決定のための機械学習モデルを構築する。最適な動作を機械学習によって決定させるためには、試行錯誤に基づく学習法も必要となる。また、対象とする無線ネットワークは、通信トラフィックや電波環境の変化によって確率的に変動することも考えられる。そこで、対象とする無線ネットワークにおける意思決定問題を Multi-Armed Bandit(MAB)問題として捉え、MAB 問題における強化学習アルゴリズムも導入し、様々な選択肢の中から最適な動作を決定する手法を構築していく。

構築した手法は、まず、コンピュータシミュレーションによる仮想的な無線通信環境において評価を行い、提案手法の性能を確認しながらその改良を行う。機械学習を用いる提案アルゴリズムでは、様々なパラメータが存在するが、対象とする問題設定に対して有効なパラメータ設定法や逐次的な調整法も同時に検討していく。シミュレーションによって有効性が確認できたアルゴリズムについては、無線 LAN や IoT デバイスに実装し、実験によって有効性を確認していく。提案アルゴリズムをどのように動作させられるか検討しながら実機実装を進め、実験によって提案手法の有効性を明らかにしていく。

本研究で開発した IoT デバイスについては、実際のセンサネットワークシステムに応用する。具体例として、建築物の強度モニタリングシステムにおけるデータ収集に、強化学習を搭載した IoT デバイスを適用する。提案する IoT デバイスは、自律的に最適なチャンネルやアクセスポイントを選択して通信を始めるため、パケット衝突などによる通信エラーが起こりづらいだけでなく、個々のデバイスを設定する設置作業のコストも削減できる。実際の建築物等に設置し、必要なデータ通信を行いながら、提案手法の有効性を検証する。

#### 4 . 研究成果

無線 LAN における自律的なチャンネル選択に強化学習アルゴリズムを適用し、ネットワークの性能を改善できることを実験によって示した[K. Kuroda, H. Kato, S.-J. Kim, M. Naruse, **M. Hasegawa**, “Improving throughput using multi-armed bandit algorithm for wireless LANs,” *Nonlinear Theory and Its Applications*, vol.9, no.1, pp.74—81, Jan. 2018.][S. Takeuchi, **M. Hasegawa**, K. Kanno, A. Uchida, N. Chauvet, M. Naruse, “Dynamic channel selection in wireless communications via a multi-armed bandit algorithm using laser chaos time series,” *Scientific Reports*, vol.10, 1574, Jan. 2020] . 伝搬状態やトラフィック状態が確率的に変動するチャンネルを想定し、Multi-Armed Bandit(MAB)問題として、無線チャンネル選択問題を定義する。MAB 問題を解くアルゴリズムには様々な手法が提案されているが、少ない計算量で非常に高い性能をもつ Tug-Of-War(ToW)アルゴリズムを用いる。提案手法を無線 LAN 機器に実装し、チャンネル選択に応用する。実機を用いた実験により、提案手法によってスループットを改善できることを示した。

IEEE1900.4 で定義されるコグニティブ無線ネットワークにおいて、機械学習アルゴリズムを用いた通信パラメータの決定手法を提案し、有効性を示した[K. Oshima, T. Kobayashi, Y. Taenaka, K. Kuroda, **M. Hasegawa**, “Wireless Network Optimization Method based on Cognitive Cycle using Machine Learning,” *IEICE Communications Express*, vol.7, no.7, pp.278—283, May 2018.] . IEEE1900.4 で定義される無線通信システムでは、様々なネットワーク状態に関する情報を収集可能であり、また、様々な通信パラメータの変更が可能である。則ち、収集した情報に応じて、各パラメータを最適に設定する手法が必要となる。提案手法では、Support Vector Machine を用いた機械学習によって、各パラメータ設定値に応じたスループットを予測する。予測値が最大になるように、パラメータを決定し、無線機を調整していく。本手法を、無線 LAN を用いて実現したネットワークシステムに実装し、スループットが改善できることを実験によって示している。

小型 IoT デバイスに実装可能な軽量強化学習アルゴリズムによる自律分散型チャンネル選択手法を提案し、実機実験によって有効性を示した[J. Ma, S. Hasegawa, S.-J. Kim and **M. Hasegawa**, “A Reinforcement-Learning-Based Distributed Resource Selection Algorithm for Massive IoT,” *Applied Sciences*, vol.9, no.18, Sep. 2019.] . センサネットワークのような長時間設置するシステムでは、限られたバッテリー容量で出来るだけ長時間動作する低消費電力な方式が必要である。近年、Low Power Wide Area (LPWA)の実用化も進み、低消費電力で且つ広域をカバーする IoT システムが普及している。IoT デバイスの数が増えていくことにより、高密度な IoT ネットワーク (Massive IoT) が実現されていくが、信号間の干渉やパケット衝突が大きな問題となる。そこで本研究では、簡易な IoT デバイスでも動作する軽量な強化学習アルゴリズムによって、自律的に最適なチャンネルを選択させる方式を提案している。この成果については、国内外の多くのニュースサイト等に掲載された (日経産業新聞 2019/11/27, QS WOWNEWS 2019/11/11, Science Daily 2019/11/7, Tech Explorist 2019/11/14, Technology Networks 2019/11/8, IoTToday 2019/11/14, @IT 2019/11/13 など)。

強化学習アルゴリズムを搭載させた IoT センサについては、建築物の強度モニタリングシステムにおけるデータ収集ネットワークに応用し、建築学の研究者との共同で実証実験を行っている。この建築物モニタリングシステムは、国際会議 ISCAS[T. Ito, C. Choi, T. Yamamoto, T. Nakajima, T. Kawahara, Y. Hashizume, **M. Hasegawa**, “Live Demonstration of IoT and AI System for Recognition of States of Buildings subjected to Seismic Vibration Motion,” IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2018.], 国内展示会ワイヤレステクノロジーパーク (東京ビッグサイト) [マジン, 長谷川聡, 古川穂南, 大西巧真, 金成主, 伊藤拓海, 森健士郎, 中嶋宇史, 橋爪洋一郎, 山本貴博, 河原尊之, 渡辺良人, 劉巍, 莊司洋三, **長谷川幹雄**, “コグニティブ IoT ~ 強化学習を用いる IoT 端末の自律分散型チャンネル選択方式と応用 ~,” 電子情報通信学会 スマート無線研究会, 2019.]などに出展し、動態デモ展示を行った。

異種無線ネットワークの選択問題に強化学習アルゴリズムを適用し、逐次的に最適な選択が可能となることを実機実験によって示した [K. Oshima, T. Onishi, S.-J. Kim, J. Ma, M. Hasegawa, “Efficient wireless network selection by using multi-armed bandit algorithm for mobile terminals,” *Nonlinear Theory and Its Applications*, vol.11, no.1, pp.68—77, Jan. 2020.] . スマートフォンなど近年の無線通信端末は、LTE や無線 LAN など複数種類の無線ネットワークに接続することが可能である。無線 LAN のアクセスポイントは様々な場所に設置されるようになり、無線通信端末が自動的に無線 LAN に切り替えてデータ通信を行う設定も用いられている。しかし、無線端末の位置や無線状況によっては、通信品質が低いネットワークも存在する。そこで本研究では、各無線端末に MAB を用いた強化学習アルゴリズムを搭載させることにより、品質のよい無線ネットワークを自律的に選択させる手法を提案する。提案手法の性能を実証するために、強化学習アルゴリズムによる選択手法を、LTE と複数の無線 LAN に接続可能なノート PC に実装した。移動しながら行った実機実験により、提案手法の有効性を明らかにした。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Takeuchi Shungo, Hasegawa Mikio, Kanno Kazutaka, Uchida Atsushi, Chauvet Nicolas, Naruse Makoto	4. 巻 10
2. 論文標題 Dynamic channel selection in wireless communications via a multi-armed bandit algorithm using laser chaos time series	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1038/s41598-020-58541-2">https://doi.org/10.1038/s41598-020-58541-2</a>	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 Oshima Koji, Onishi Takuma, Kim Song-Ju, Ma Jing, Hasegawa Mikio	4. 巻 11
2. 論文標題 Efficient wireless network selection by using multi-armed bandit algorithm for mobile terminals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 68 ~ 77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1587/nolta.11.68">https://doi.org/10.1587/nolta.11.68</a>	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 Ma Jing, Hasegawa So, Kim Song-Ju, Hasegawa Mikio	4. 巻 9
2. 論文標題 A Reinforcement-Learning-Based Distributed Resource Selection Algorithm for Massive IoT	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 3730 ~ 3730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3390/app9183730">doi.org/10.3390/app9183730</a>	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 Naruse Makoto, Mihana Takatomo, Hori Hirokazu, Saigo Hayato, Okamura Kazuya, Hasegawa Mikio, Uchida Atsushi	4. 巻 8
2. 論文標題 Scalable photonic reinforcement learning by time-division multiplexing of laser chaos	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1038/s41598-018-29117-y">10.1038/s41598-018-29117-y</a>	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 Oshima Koji, Kobayashi Takumu, Taenaka Yuki, Kuroda Kaori, Hasegawa Mikio	4. 巻 7
2. 論文標題 Wireless network optimization method based on cognitive cycle using machine learning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 278 ~ 283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1587/comex.2018XBL0061	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 Peper Ferdinand, Leibnitz Kenji, Hasegawa Mikio, Wakamiya Naoki	4. 巻 25
2. 論文標題 Spike-based Communication Networks with Error Correcting Capability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Brain & Neural Networks	6. 最初と最後の頁 157 ~ 164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.3902/jnns.25.157	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 Kuroda Kaori, Kato Hiroki, Kim Song-Ju, Naruse Makoto, Hasegawa Mikio	4. 巻 9
2. 論文標題 Improving throughput using multi-armed bandit algorithm for wireless LANs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications	6. 最初と最後の頁 74 ~ 81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1587/nolta.9.74	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 長谷川 幹雄	4. 巻 11
2. 論文標題 量子ニューラルネットワークを用いた組合せ最適化及びその応用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review	6. 最初と最後の頁 113-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 TAKAHASHI Ryo, AZUMA Shun-ichi, HASEGAWA Mikio, ANDO Hiroyasu, HIKIHARA Takashi	4. 巻 E100.B
2. 論文標題 Power Processing for Advanced Power Distribution and Control	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS	6. 最初と最後の頁 941 ~ 947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2016EBN0005	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39件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Shungo Takeuchi, Makoto Naruse, Kazutaka Kanno, Atsushi Uchida and Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Channel selection in wireless communications by multi armed bandit algorithm using chaotic time series
3. 学会等名 The 8th Korea Japan Joint Workshop on Complex Communication Sciences (KJCCS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 So Hasegawa, Ryoma Kitagawa, Takumi Ito and Takashi Nakajima, Song-Ju Kim, Yozo Shoji, Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Performance Evaluation of Machine Learning Based Channel Selection Algorithm Implemented on IoT Sensor Devices and Its Application to Wireless Sensor Network for Building Monitoring System
3. 学会等名 2nd International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 So Hasegawa, Song-Ju Kim, Yozo Shoji, Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Performance Evaluation of Machine Learning Based Channel Selection Algorithm Implemented on IoT Sensor Devices in Coexisting IoT Networks
3. 学会等名 IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mikio Hasegawa
2. 発表標題 High-Speed Optimization by Quantum Neural Networks and Its Application in Radio Resource Management
3. 学会等名 The 10th International Conference on ICT Convergence (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川聡, 北川諒真, 伊藤拓海, 中嶋宇史, 金成主, 荘司洋三, 長谷川幹雄
2. 発表標題 混在するIoTネットワーク環境下における強化学習型チャネル選択手法の性能評価と建築物モニタリングシステムへの応用
3. 学会等名 電子情報通信学会 スマート無線研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shungo Takeuchi, Makoto Naruse, Kazutaka Kanno, Atsushi Uchida, Ma Jing, Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Dynamical channel selection in wireless communications by multi-armed bandit algorithm using chaotic time series
3. 学会等名 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川聡, 馬ジン, 北川諒真, 金成主, 渡辺良人, 劉巍, 荘司洋三, 長谷川幹雄
2. 発表標題 IoTセンサデバイスに実装した強化学習型チャネル選択手法の性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 複雑コミュニケーションサイエンス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Oshima, Jing Ma and Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Autonomous Wireless System Optimization Method based on Cross-layer Modeling using Machine Learning
3. 学会等名 International Conference on Ubiquitous and Future Networks (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 マジン, 長谷川聡, 古川穂南, 大西巧真, 金成主, 伊藤拓海, 森健士郎, 中嶋宇史, 橋爪洋一郎, 山本貴博, 河原尊之, 渡辺良人, 劉巍, 莊司洋三, 長谷川幹雄
2. 発表標題 コグニティブIoT ~ 強化学習を用いるIoT端末の自律分散型チャネル選択方式と応用 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 スマート無線研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ma Jing, Nagatsuma Tomoya, Kim Song-Ju, Hasegawa Mikio
2. 発表標題 A Machine-Learning-Based Channel Assignment Algorithm for IoT
3. 学会等名 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ito Takumi, Changhoon Choi, Yamamoto Takahiro, Nakajima Takashi, Kawahara Takayuki, Hashizume Yoichiro, Hasegawa Mikio
2. 発表標題 Live Demonstration of IoT and AI System for Recognition of States of Buildings subjected to Seismic Vibration Motion
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Mikio Hasegawa
2. 発表標題 High-Speed Optimization by Quantum Neural Networks and Applications to Wireless Communications
3. 学会等名 The 5th International Workshop on Smart Wireless Communications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川幹雄
2. 発表標題 量子ニューラルネットワークによる高速最適化と無線通信への応用
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信サイエティ 革新的無線通信技術に関する横断型研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川幹雄
2. 発表標題 量子ニューラルネットワークによる高速最適化と無線ネットワークへの応用
3. 学会等名 計測自動制御学会 非線形現象の特徴化に基づく制御理論調査研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川幹雄
2. 発表標題 ソーシャル ICT 基盤に連携した建築 IoT システムの研究開発
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 2019年

1. 発表者名 長谷川幹雄
2. 発表標題 電力バケットネットワークプロトコルの設計と実装
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 2019年

1. 発表者名 Mikio Hasegawa
2. 発表標題 High-Speed Neural-Network-Based Optimization by Coherent Ising Machines -Quantum Neural Networks -
3. 学会等名 IEEE Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mikio Hasegawa
2. 発表標題 High-Speed Neural-Network-Based Optimization by Coherent Ising Machines
3. 学会等名 2018 International Conference on Multimedia Information Technology and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内俊剛, 成瀬誠, 巴鼻孝朋, 菅野円隆, 内田淳史, 馬ジン, 長谷川幹雄
2. 発表標題 レーザカオス時系列を用いた意思決定原理による無線通信の動的チャネル選択
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Komei Kurasawa, Hirotake Ito, Jing Ma, Hiroki Takesue, Kazuyuki Aihara, Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Parameter Setting for Mutually Connected Neural Network Running on Coherent Ising Machine
3. 学会等名 7th Japan-Korea Joint Workshop on Complex Communication Sciences (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ma Jing, Tomoya Nagatsuma, Song-Ju Kim, Mikio Hasegawa
2. 発表標題 A TOW-based Channel Assignment Scheme for Massive IoT network
3. 学会等名 7th Japan-Korea Joint Workshop on Complex Communication Sciences (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shungo Takeuchi, Makoto Naruse, Takatomo Mihana, Kazutaka Kanno, Atsushi Uchida, Ma Jing, Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Dynamical channel selection in wireless communications by multi-armed bandit algorithm using chaotic time series
3. 学会等名 7th Japan-Korea Joint Workshop on Complex Communication Sciences (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長妻智也, 金成主, 馬ジン, 長谷川幹雄
2. 発表標題 Multi-armed Banditアルゴリズムを用いた無線センサネットワークの動的チャンネル選択
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信ソサイエティ 革新的無線通信技術に関する横断型研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤大起, 村田侑雄, Ma Jing, 武居弘樹, 合原一幸, 長谷川幹雄
2. 発表標題 実機の制約を考慮したCoherent Ising Machineの性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信ソサイエティ 革新的無線通信技術に関する横断型研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki MATSUDA, Yuma YAMAMOTO, Mikio HASEGAWA
2. 発表標題 Design and Implementation of a Flexible Routing Protocol for Power Packet Networks
3. 学会等名 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirotake ITO, Yukio MURATA, Kaori KURODA, Hiroki TAKESUE, Kazuyuki AIHARA, Mikio HASEGAWA
2. 発表標題 Performance Analysis of a Coherent Ising Machine with Hardware Constraints
3. 学会等名 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鵜飼健太郎, 山本貴博, 河原尊之, 伊藤拓海, 中嶋宇史, 橋爪洋一郎, 荘司洋三, 長谷川幹雄
2. 発表標題 建築物モニタリングを目的としたIoTシステムにおける通信品質と省電力性に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 複雑コミュニケーションサイエンス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xinyu Chu, Yukio Murata, Mikio Hasegawa, Song-Ju Kim
2. 発表標題 Improving Performance of UCB1-tuned Algorithm By Lebesgue Spectrum Filter
3. 学会等名 2018 International Conference on Multimedia Information Technology and Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村田侑雄, 大藪悠平, 合原一幸, 長谷川幹雄
2. 発表標題 Coherent Ising Machine を用いた無線LANシステムのチャンネル割当
3. 学会等名 電子情報通信学会 NOLTAソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤大昶, 村田侑雄, 武居弘樹, 合原一幸, 長谷川幹雄
2. 発表標題 実機の制約を考慮したCoherent Ising Machineの性能解析
3. 学会等名 電子情報通信学会 複雑コミュニケーションサイエンス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大島浩嗣, 小林拓夢, 妙中佑基, 黒田佳織, 長谷川幹雄
2. 発表標題 機械学習を用いたコグニティブサイクルに基づく無線ネットワーク最適化手法
3. 学会等名 電子情報通信学会 スマート無線研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aunee Azrina Zulkifli, Kaori Kuroda and Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Game Theory-Based Power Allocation and Channel Selection of Multi-channel D2D
3. 学会等名 International Symposium on Computing and Networking (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Aunee Azrina Zulkifli・Kaori Kuroda・Mikio Hasegawa
2. 発表標題 A Game Theory Approach for Channel Selection and Power Allocation of Multi-channel D2D
3. 学会等名 SmartCom2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長谷川幹雄
2. 発表標題 ニューラルネットワークによる最適化と無線リソース割当への応用
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 2018年

1. 発表者名 長谷川幹雄
2. 発表標題 負の自己相関を持つカオスを用いた最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会複雑コミュニケーションサイエンス研究会/自然知能研究グループ合同研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林拓夢, 大島浩嗣, 黒田佳織, 長谷川幹雄
2. 発表標題 コグニティブサイクルを用いた無線LANネットワーク最適化手法の設計と実装
3. 学会等名 コミュニケーションクオリティ基礎講座ワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kaori Kuroda, Takuya Matsumoto and Mikio Hasegawa
2. 発表標題 Partialization Analysis for Estimating HUB Network Topology
3. 学会等名 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 黒田佳織, 松本拓也, 長谷川幹雄
2. 発表標題 レイヤ2ネットワークの障害箇所特定のためのネットワークポロジ推定
3. 学会等名 電子情報通信学会 複雑コミュニケーションサイエンス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 儲新宇, 黒田佳織, 村田侑雄, 金成主, 成瀬誠, 長谷川幹雄
2. 発表標題 Lebesgue Spectrum Filterを用いたUCB1-tunedアルゴリズムの性能改善
3. 学会等名 電子情報通信学会 非線形問題研究会
4. 発表年 2017年

## 〔図書〕 計2件

1. 著者名 半谷精一郎, 長谷川幹雄, 吉田孝博	4. 発行年 2019年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 240
3. 書名 改定 コンピュータ概論	

  

1. 著者名 中尾裕也, 長谷川幹雄, 合原一幸	4. 発行年 2018年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 262
3. 書名 ネットワーク・カオス - 非線形ダイナミクス, 複雑系と情報ネットワーク -	

## 〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 通信方法およびネットワークシステム	発明者 ペパーフェルディナ ンド, 長谷川幹雄, 他3名	権利者 情報通信研究機 構, 東京理科大 学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-134365	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

  

産業財産権の名称 COMMUNICATION METHOD AND NETWORK SYSTEM	発明者 F. PEPPER, K. LEIBNITZ, 下川哲也, 長谷川幹 雄, 他	権利者 情報通信研究機 構, 東京理科大 学
産業財産権の種類、番号 特許、WO-A1-2020/017484	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

## 〔取得〕 計0件

## 〔その他〕

<p>長谷川研究室ホームページ: <a href="http://haselab.ee.kagu.tus.ac.jp">haselab.ee.kagu.tus.ac.jp</a>  長谷川幹雄研究業績: <a href="https://www.tus.ac.jp/fac_grad/p/achievement.php?26b3">https://www.tus.ac.jp/fac_grad/p/achievement.php?26b3</a></p>
---



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
--	---------------------------	-----------------------	----