

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：32706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K12163

研究課題名(和文)スパイク発振器ネットワークに基づく群知能回路の開発

研究課題名(英文)Development of a circuit for swarm intelligence algorithm based on spiking neural-oscillator networks

研究代表者

佐々木 智志 (Sasaki, Tomoyuki)

湘南工科大学・情報学部・准教授

研究者番号：00811415

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、様々なBlack-box最適化問題を解くためにスパイク発振器ネットワークのダイナミクスを取り入れた群知能アルゴリズムを提案した。本手法は、簡素な構造のスパイク発振器が呈する周期的・カオス的な振る舞いと、これらをネットワーク構造で結合することによる発振器同士の同期的・非同期的な現象を活用することで乱数要素を用いずとも複雑な探索軌道を実現できる。本手法は、精度の良い解探索を実現することを実験により明らかにした。また、結合された発振器の理論解析を行い、発振器同士の同期的・非同期的な現象の条件も明らかにしている。さらに、本手法のアルゴリズムのデジタル回路の試作機的设计と開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の群知能アルゴリズムの多くは確率的要素や複雑な系を取り入れることで複雑な探索を実現し、精度の良い解探索を実現している。提案手法では、探索個体に簡素な構造のスパイク発振器を用い、さらに、これらをネットワーク化することで複雑な探索を実現する。また、理論解析により探索個体の振る舞いの条件も明らかにしている。これらは、良好な探索個体の振る舞いの理解につながり、学術的意義は高いと考える。さらに、提案手法は演算専用の回路化も容易であり、提案手法の回路を様々な機器に組み込むことも可能である。また、これら多数の回路を組み合わせ、大規模・複雑な最適化問題を解くことも期待でき、社会的意義も高いと考える。

研究成果の概要(英文)：In this study, we proposed a swarm intelligence algorithm based on spiking neural-oscillator networks to solve various black-box optimization problems. The proposed method has a swarm which consists of plural spiking oscillators. Each spiking oscillator can move a 1-dimensional solution space with a periodic or a chaotic motion. In addition, coupled spiking oscillators with a network topology can give rise to a synchronous or an asynchronous phenomena. Therefore, the proposed method can realize particle dynamics being complicated. We realized that the proposed method can search good quality solutions in solving various problems through experiments. In addition, we theoretically analyzed coupled spiking oscillators with a network topology and clarified the condition whether the spiking oscillators are synchronous or asynchronous. Furthermore, we developed a prototype circuit of the proposed method and confirmed its operation through RTL simulations.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：粒子群最適化 ネットワーク 非線形最適化 粒子群最適化法 スパイク発振器 決定論的手法 群知能回路 スパイキングニューラル

### 1. 研究開始当初の背景

近年の情報通信技術の発展に伴い、工学的な分野では、その設計やシステムの状態における最適な条件を求める需要が高まってきている。しかし、このようなシステム最適化においては、その評価関数が陽に与えられない Black-box 最適化問題であることも多い。Black-box 最適化問題を解くためには、評価関数の勾配情報を用いずに問題の解空間上を探索する直接探索法が用いられる。しかし、Black-box 最適化問題では解空間上に多数の局所解が存在する多峰性の景観を持つ問題が多く、局所解に陥り易い。このような問題を解決するために、群知能最適化手法が脚光を浴びている。群知能最適化手法は多数の探索個体が相互作用しながら解空間上を探索する多点探索型の最適化手法であり、局所解に陥り辛く良好な許容解を探索可能である。群知能最適化手法の多くでは、確率的要素や複雑な計算アルゴリズムを取り入れることでダイナミクスの複雑性を向上させ、局所解に陥ることを回避している。そのため、これらの最適化手法の多くではコンピュータを用いて逐次的に探索個体を計算することを想定している。そこで、簡素な構造で複雑なダイナミクスを実現できれば、最適化能力を高めたアルゴリズムの回路実装も容易となり、多数の探索個体を並列的に回路で計算することも実現できる。

本研究では、乱数要素を用いずに複雑なダイナミクスを呈する簡素な構造のスパイク発振器に注目した。これらのスパイク発振器をネットワーク構造により結合したスパイク発振器ネットワークを群知能最適化手法に導入したスパイク発振器ネットワーク群知能アルゴリズム (Optimizer based on Spiking Neural-oscillator Networks; OSNNs) を提案した。OSNNs を構成するスパイク発振器単体は、制御パラメータにより、周期的・カオス的なダイナミクスをとる。また、スパイク発振器ネットワークでは、ネットワーク構造により結合されたスパイク発振器同士が同期的・非同期的な現象を呈するようになる。これらのダイナミクスを取り入れることで、系に複雑なダイナミクスを与え、かつそのアルゴリズムの構造も単純にできるため、回路実装も容易となる。さらに、OSNNs の探索ダイナミクスの理論解析から行い、そのダイナミクスを明らかにした上でアルゴリズムの性能改善を行う必要があった。

### 2. 研究の目的

本研究では、スパイク発振器ネットワークのダイナミクスを取り入れた新しい群知能アルゴリズムを提案する。提案手法を理論解析することで、そのダイナミクスと解探索性能を明らかにすることと、提案手法の最適化能力の向上のための改良、及び、そのデジタル回路実装を行うことが目的である。

### 3. 研究の方法

Black-box 最適化問題を効率的に解くための代表的な群知能アルゴリズムの一つに粒子群最適化法 (Particle Swarm Optimization; PSO) がある。PSO では探索個体を粒子としてモデル化し、各粒子は、最適化問題に対する解候補を表す。粒子は他粒子と良好な解候補の情報を共有しなら、確率的に解空間上を直接探索し、最終的に最適解・準最適解に収束する。PSO は、制御パラメータ数も少なく、アルゴリズムも簡素であるため、様々な Black-box 最適化問題の解法として適用されてきた。提案手法では、PSO のアルゴリズムを踏襲しつつも、粒子群をスパイク発振器群で構成する。図 1 の左図に  $N$  個の粒子が  $D$  次元解空間上を探索する場合の OSNNs 粒子群の概念図を示す。図 1 の左図より、各粒子は、 $D$  個のスパイク発振器から構成され、粒子は良好な解情報を共有する。各スパイク発振器は、1 次元の解空間上を独立に探索する。また、同一次元の解空間上を探索するスパイク発振器同士を次数が 1 のリング型ネットワーク構造 (Ring 1-way network) で結合する (図 1 の右図参照)。これにより、スパイク発振器が自己発火したときに、そのスパイク信号を近傍のスパイク発振器に送ることで、その近傍スパイク発振器は強制発火する。各粒子各次元のスパイク発振器は、積分発火系に基づいた簡素な構造を用いる。

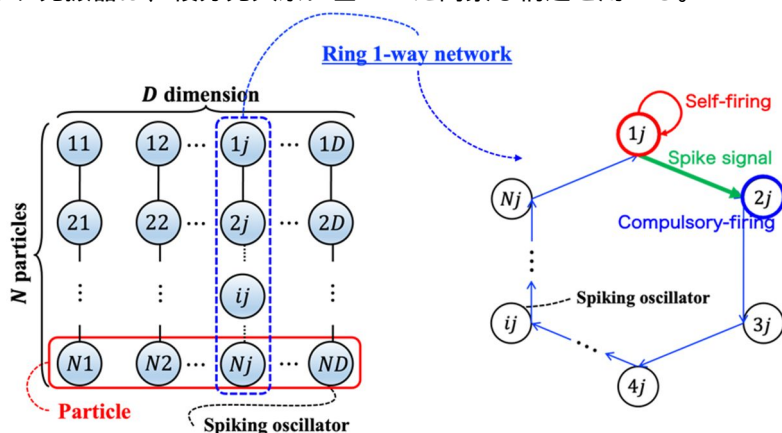


図 1: OSNNs の粒子群の構造とスパイク発振器ネットワークの構造

図 1 に示す構造を持つ OSNNs を提案し、その探索性能を IEEE CEC'13 ベンチマーク関数より 28 個のベンチマーク問題を用いて、標準的な PSO などと比較を行い、OSNNs の有効性を明らかにする。次に、OSNNs のダイナミクスと制御パラメータの関係性を明らかにするための理論解析を行い、スパイク発振器単体の周期性・カオス性の条件及び、結合スパイク発振器の同期的・非同期的な現象の条件を明らかにする。さらに、OSNNs の演算に特化したデジタル回路を設計し、その回路動作を確認する。

#### 4. 研究成果

まず、OSNNs の有効性を明らかにするために 28 個の IEEE CEC'13 ベンチマーク関数を用いて探索性能を評価した。標準的な PSO、ネットワーク構造を持たない OSNNs、そして OSNNs と同様にスパイク発振器で粒子を構成する決定論的な PSO の一つである OPRC を比較対象として実験を行った。提案手法は、決定論的なアルゴリズムであるにも関わらず、標準的な PSO よりも同等以上の探索性能を示した。また、ネットワーク構造を持たない OSNNs との比較では、ネットワーク構造が OSNNs の探索性能を向上させることも明らかにした。さらに、OPRC と比較しても、OSNNs は同等以上の探索性能を示すことができた。

提案手法におけるスパイク発振器は、自身が持つ位置、速度、最良解の情報に基づいて、各時刻の位置と速度を更新する。位置と速度は、自己発火条件を満たすまで時間経過に伴い増加する。この場合、位置と速度の内部状態は発散振動することで更新される。位置が自己発火条件の閾値以上となった時に自己発火を起こし、位置と速度をベース位置にリセットする。この閾値条件は、最良解の情報の変化に伴い動的に変化する。これらの発散振動とリセット動作を動的に切り替えることで、スパイク発振器は周期的・カオス的な挙動を呈することができる。さらに、スパイク発振器同士を Ring 1-way network で結合することにより、結合されたスパイク発振器同士の探索軌道が揃う同期的な探索とそれらの軌道が揃わない非同期的な探索を行うようになる。スパイク発振器は決定論的に内部状態が変化するため、理論解析が可能である。結合されたスパイク発振器同士が同期的・非同期的な探索を行う条件を理論解析により求め、その結果を図 2 に示す。

図 2 における横軸は、発散振動におけるダンピング  $\delta$  を、縦軸は、発散振動における回転角  $\theta$  をそれぞれ表す。図中の黒い領域は同期的な探索の領域を表し、白い領域は非同期的な探索の領域を表す。また、青い曲線はスパイク発振器のアトラクタが存在する領域の境界線となっている。図 2 より OSNNs の制御パラメータと同期的・非同期的な探索の関係性を明らかにした。さらに、スパイク発振器単体の理論解析を行い、スパイク発振器が周期的なアトラクタをとる場合は同期的な探索を、一方でカオス的なアトラクタをとる場合は非同期的な探索をとることも明らかにし、この結果は図 2 の結果と一致することを実験により明らかにしている。

次に、OSNNs のアルゴリズムの演算に特化したデジタル回路の試作機的设计と開発を行った。図 1 の左図に示すように OSNNs のスパイク発振器は近傍スパイク発振器とのスパイク信号のやり取りのみで、各スパイク発振器は独立して各々の解空間上を探索する。このため、OSNNs の各スパイク発振器の演算は独立に行うことができる。このスパイク発振器の演算専用回路を設計・開発し、OSNNs の粒子群を構成する各スパイク発振器の演算をこの専用回路を用いることで、並列的に粒子群の演算を行うことができる。提案した OSNNs のスパイク発振器の専用回路のブロック図を図 3 に示す。図 3 の Step.1 では、自己発火判定の処理を行い、自己発火した場合は近傍のスパイク発振器にスパイク信号を送る。Step.2 では、自己発火判定  $s$  と他のスパイク発振器からのスパイク信号  $s_{in}$  の結果に基づいて発散振動とリセット処理における位置と速度の更新結果を選択する。この演算回路では、1 イタレーションの更新処理を 41 クロックサイクルで行うことができる。粒子群を構成するスパイク発振器分の演算回路を用意することで、レイテンシを削減することができる。この演算回路を Verilog HDL を用いて実装し、Intel Quartus Prime Lite Edition の ModelSim-Altera による RTL シミュレーションで回路の動作を評価した。その結果、ソフトウェア実装の結果と同等の結果を得ることができ、提案した演算回路が正しく動作することを確認した。さらに、図 4 に示す OSNNs の演算専用回路を設計・開発し、Verilog HDL で実装を行った。図 4 より、OSNNs のアルゴリズムの一連の処理が可能回路を設計した。ここで、Step.4 の SNN 回路においては、図 1 の左図のようにスパイク発振器の演算回路を実装した回路としている。Step.1 の評価関数計算回路に単峰性のベンチマーク関数である Sphere 関数を実装し、提案した演算回路で探索を行った。実験は RTL シミュレーションで行い、粒子の演算が正常に行われていることと、粒子群が評価関数の最適解付近の探索を順調に行っていることを確認した。しかし、提案した回路は試作段階であり、その回路規模も大きい状況である。さらに、評価関数計算回路を粒子ごとに実装しなければならないなど、実用上の問題も残っている。そのため、今後

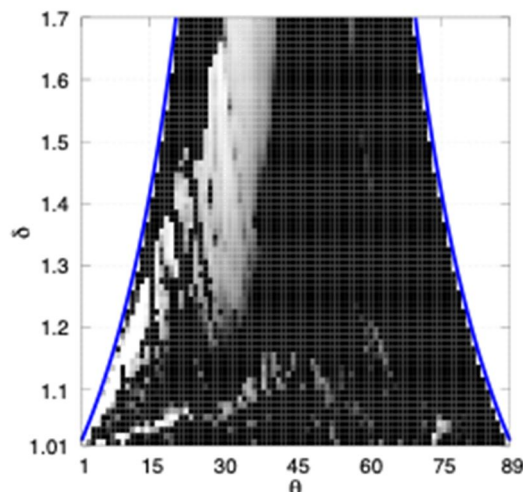


図 2: 制御パラメータと探索の関係性

更なる研究を進めていく必要がある。

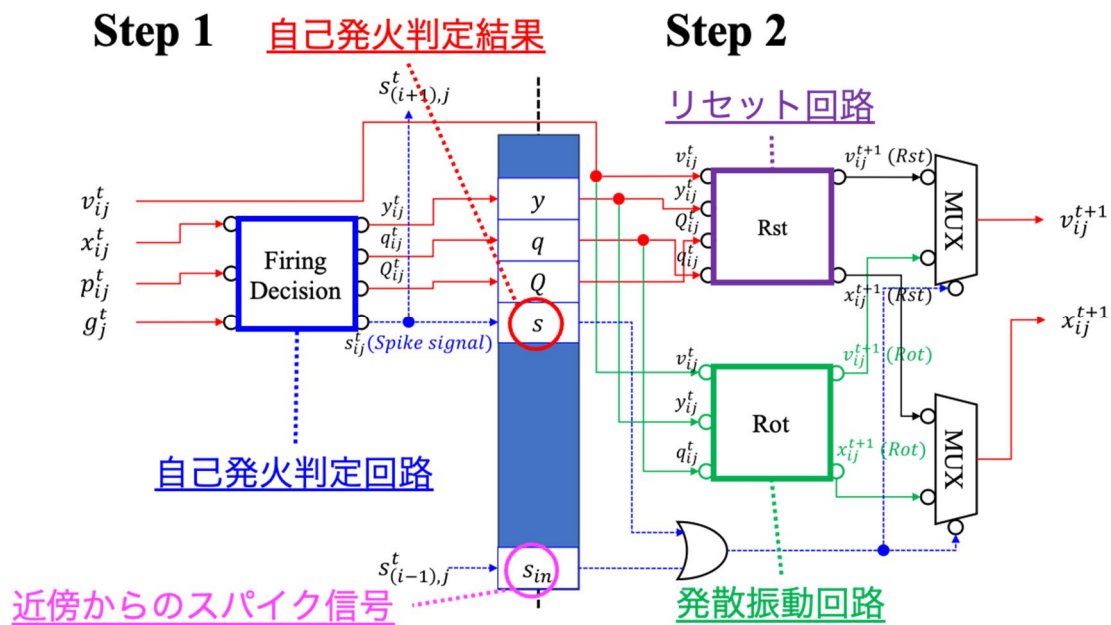


図 3: スパイク発振器単体の演算回路のブロック図

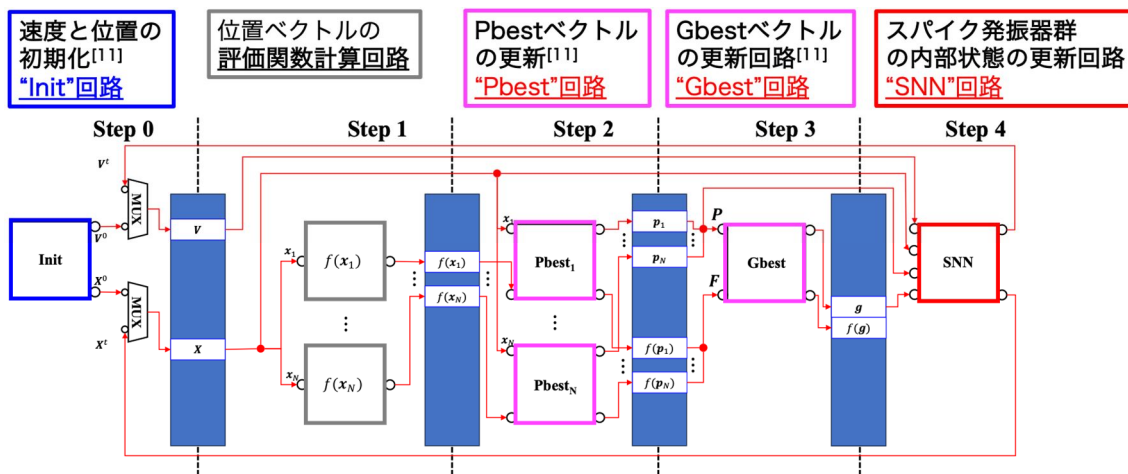


図 4: OSNNs の演算回路のブロック図

## 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 0件／うちオープンアクセス 10件）

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano   | 4. 巻<br>14              |
| 2. 論文標題<br>Swarm intelligence algorithm based on spiking neural-oscillator networks, coupling interactions and search performances | 5. 発行年<br>2023年         |
| 3. 雑誌名<br>Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE   | 6. 最初と最後の頁<br>267 ~ 291 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.14.267   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>神野 健哉  | 4. 巻<br>vol. 15 no. 2   |
| 2. 論文標題<br>力学系理論に基づく粒子群最適化法の解析   | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>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<br>70-79     |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/essfr.15.2_70  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>Taichi Fukawa, Kenya Jin'no  | 4. 巻<br>Vol. 25, No. 6  |
| 2. 論文標題<br>Noise Reduction Method Focusing on Spectral Envelopment and Fine Structure of Speech                                    | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Signal Processing   | 6. 最初と最後の頁<br>233-237   |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.2299/jsp.25.233   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |
| 1. 著者名<br>Ryuhei Motoki, Kenya Jin'no  | 4. 巻<br>vol. 13 no. 2   |
| 2. 論文標題<br>Estimating label of data using Fisher Criterion   | 5. 発行年<br>2022年         |
| 3. 雑誌名<br>NOLTA, IEICE   | 6. 最初と最後の頁<br>252-257   |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.13.252   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Masanao Yasumuro, Kenya Jin'no                             | 4. 巻<br>vol. 13 no. 2 |
| 2. 論文標題<br>Japanese Fingerspelling Identification by using Mediapipe | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>NOLTA, IEICE   | 6. 最初と最後の頁<br>288-293 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.13.288                     | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Tsukasa Saito, Kenya Jin'no   | 4. 巻<br>vol. 13 no. 2 |
| 2. 論文標題<br>Consideration of the Output Series Generated by Hysteresis Reservoir Computing | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>NOLTA, IEICE  | 6. 最初と最後の頁<br>258-263 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.13.258  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Taichi Fukawa, Kenya Jin'no   | 4. 巻<br>vol. 13 no. 2 |
| 2. 論文標題<br>Evaluation of the Effect of Phoneme Time Stretching on Speaker Embedding | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>NOLTA, IEICE  | 6. 最初と最後の頁<br>277-281 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.13.277                                    | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Takumi Genka, Kenya Jin'no   | 4. 巻<br>vol. 13 no. 2 |
| 2. 論文標題<br>Relationship between the number of elements in constraint satisfaction problems and the computation time of HNN | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>NOLTA, IEICE   | 6. 最初と最後の頁<br>282-287 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.13.282   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano   | 4. 巻<br>vol. 13 no. 2 |
| 2. 論文標題<br>Piecewise-linear particle swarm optimizer, basic dynamics, reference frame invariance, and search performance | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>NOLTA, IEICE   | 6. 最初と最後の頁<br>170-195 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.13.170   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Jin'no Kenya   | 4. 巻<br>12              |
| 2. 論文標題<br>Analysis of particle swarm optimization by dynamical systems theory | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE                         | 6. 最初と最後の頁<br>118 ~ 132 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.12.118                               | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Mikawa Kenta, Kobayashi Manabu, Sasaki Tomoyuki, Manada Akiko                              | 4. 巻<br>15              |
| 2. 論文標題<br>A study on latent structural models for binary relational data with attribute information | 5. 発行年<br>2024年         |
| 3. 雑誌名<br>Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE   | 6. 最初と最後の頁<br>335 ~ 353 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/nolta.15.335   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

〔学会発表〕 計81件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 31件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano   |
| 2. 発表標題<br>Swarm Intelligence Algorithm Based on Spiking Neural-Oscillator Network, Coupling Interactions and Search Performances |
| 3. 学会等名<br>NOLTA2022 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>佐々木智志, 中野秀洋                                 |
| 2. 発表標題<br>スパイク発振器ネットワーク群知能アルゴリズムにおける結合の相互作用と解探索性能について |
| 3. 学会等名<br>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<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>佐々木智志, 中野秀洋                                 |
| 2. 発表標題<br>スパイク発振器ネットワーク群知能アルゴリズムにおける スパイク発振器間の相互作用の調査 |
| 3. 学会等名<br>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<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>佐々木智志, 中野秀洋                     |
| 2. 発表標題<br>スパイク発振器ネットワークに基づく群知能アルゴリズムの基本性能 |
| 3. 学会等名<br>2023年電子情報通信学会総合大会               |
| 4. 発表年<br>2023年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>丸川耀平, 佐々木智志                       |
| 2. 発表標題<br>遺伝的アルゴリズムを用いた小売店のシフトスケジューリング問題の解法 |
| 3. 学会等名<br>情報処理学会 第85回全国大会                   |
| 4. 発表年<br>2023年                              |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>S.Kusaka, H.Nakano   |
| 2. 発表標題<br>Particle swarm optimization considering a positive and negative inertia terms by Levy distribution |
| 3. 学会等名<br>the 9th Japan-Korea Joint Workshop on Complex Communication Sciences (JKCCS2023) (国際学会)            |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>S.Kanzaki, H.Nakano   |
| 2. 発表標題<br>Multi-domain translation from few data by CycleGAN applying data augmentation           |
| 3. 学会等名<br>the 9th Japan-Korea Joint Workshop on Complex Communication Sciences (JKCCS2023) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>神崎秀平, 中野秀洋                   |
| 2. 発表標題<br>CycleGANへのデータ拡張の適用に関する検討     |
| 3. 学会等名<br>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<br>2022年                         |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>日下颯平, 中野秀洋                   |
| 2. 発表標題<br>Levy分布による正負の慣性項を考慮した粒子群最適化   |
| 3. 学会等名<br>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<br>2022年                         |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>二反田壮志, 中野秀洋                    |
| 2. 発表標題<br>状態のビット表現を乱数的ダイナミクスとして用いた粒子群最適化 |
| 3. 学会等名<br>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<br>2022年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>神崎秀平, 中野秀洋                          |
| 2. 発表標題<br>データ拡張を適用したCycleGANによる少数データからのドメイン変換 |
| 3. 学会等名<br>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<br>2022年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>神崎秀平, 中野秀洋                           |
| 2. 発表標題<br>CycleGANにおける少数データへのデータ拡張適用による学習性能の解析 |
| 3. 学会等名<br>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<br>2023年                                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano  |
| 2. 発表標題<br>An optimizer based on spiking neural-oscillator networks                        |
| 3. 学会等名<br>IEEE SMC 2022 International Conference on Systems, Man, and, Cybernetics (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano  |
| 2. 発表標題<br>Basic Search Performance of Optimizer based on Spiking Oscillator Networks                                      |
| 3. 学会等名<br>2022 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2022) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>佐々木智志, 中野秀洋                         |
| 2. 発表標題<br>スパイク発振器ネットワークに基づく群知能アルゴリズムの基本性能について |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会                   |
| 4. 発表年<br>2021年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tsukasa Saito, Kenya Jin'no  |
| 2. 発表標題<br>Ability to generate output series for Hysteresis Reservoir Computing |
| 3. 学会等名<br>IEEE The 18th International SoC Conference (ISOCC 2021) (国際学会)       |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Riku Takato, Kenya Jin'no  |
| 2. 発表標題<br>A considerations for the solution search capability of PSO with micro fluctuations |
| 3. 学会等名<br>IEICE The 2021 Nonlinear Science Workshop ( NLSW 2021 ) (国際学会)                     |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Ryuhei Motoki, Kenya Jin'no                                      |
| 2. 発表標題<br>Estimating label of data using Fisher Criterion                  |
| 3. 学会等名<br>IEICE The 2021 Nonlinear Science Workshop ( NLSW 2021 ) ( 国際学会 ) |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Masanao Yasumuro, Kenya Jin'no                                   |
| 2. 発表標題<br>Japanese Fingerspelling Identification by using Mediapipe        |
| 3. 学会等名<br>IEICE The 2021 Nonlinear Science Workshop ( NLSW 2021 ) ( 国際学会 ) |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tsukasa Saito, Kenya Jin'no  |
| 2. 発表標題<br>Consideration of the Output Series Generated by Hysteresis Reservoir Computing |
| 3. 学会等名<br>IEICE The 2021 Nonlinear Science Workshop ( NLSW 2021 ) ( 国際学会 )               |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Taichi Fukawa, Kenya Jin'no  |
| 2. 発表標題<br>Evaluation of the Effect of Phoneme Time Stretching on Speaker Embedding |
| 3. 学会等名<br>IEICE The 2021 Nonlinear Science Workshop ( NLSW 2021 ) ( 国際学会 )         |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Takumi Genka, Kenya Jin'no  |
| 2. 発表標題<br>Relationship between the number of elements in constraint satisfaction problems and the computation time of HNN |
| 3. 学会等名<br>IEICE The 2021 Nonlinear Science Workshop ( NLSW 2021 ) ( 国際学会 )  |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Riku Takato, Kenya Jin'no   |
| 2. 発表標題<br>Training Multilayer Neural Networks with PSO  |
| 3. 学会等名<br>2022 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2022) ( 国際学会 ) |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Yusuke Nakazato, Kenya Jin'no   |
| 2. 発表標題<br>Emergence of the Boid Swarm   |
| 3. 学会等名<br>2022 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2022) ( 国際学会 ) |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>神野 健哉                      |
| 2. 発表標題<br>ヒステリシスニューラルネットとPSO、そして機械学習 |
| 3. 学会等名<br>2021年度 NOLTAソサイエティ大会       |
| 4. 発表年<br>2021年                       |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>元木 竜平, 神野 健哉                 |
| 2. 発表標題<br>SVMを用いたFew-shot Learning の試み |
| 3. 学会等名<br>2021年度 NOLTAソサイエティ大会         |
| 4. 発表年<br>2021年                         |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>布川 大知, 神野 健哉               |
| 2. 発表標題<br>音素の時間伸縮による話者埋め込みへの影響の実験的評価 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年ソサイエティ大会     |
| 4. 発表年<br>2021年                       |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>源河 拓巳, 神野 健哉              |
| 2. 発表標題<br>連続時間ヒステリシスニューラルネットの計算量の検討 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年ソサイエティ大会    |
| 4. 発表年<br>2021年                      |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>齋藤 史, 神野 健哉            |
| 2. 発表標題<br>ヒステリシスリザー素子の時定数が与える影響  |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年<br>2021年                   |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>元木 竜平, 神野 健哉           |
| 2. 発表標題<br>SVMを用いたラベルなしデータの分類     |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年<br>2021年                   |

|                                  |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>高頭 陸, 神野 健哉           |
| 2. 発表標題<br>微小摂動を考慮したPSOの解探索能力の考察 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会     |
| 4. 発表年<br>2021年                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>元木 竜平, 神野 健哉                        |
| 2. 発表標題<br>データのラベル推定のためフィッシャー基準を基にした新しい評価基準の考察 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会                   |
| 4. 発表年<br>2021年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>齋藤 史, 神野 健哉                    |
| 2. 発表標題<br>ヒステリシス・リザーバー層の特性と学習出力系列の関係について |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会              |
| 4. 発表年<br>2022年                           |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>安室 誠直, 神野 健哉                     |
| 2. 発表標題<br>MediaPipeとSVMを用いた日本語指文字認識システムの試作 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会                |
| 4. 発表年<br>2022年                             |

|                                  |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>岡本 紗季, 神野 健哉          |
| 2. 発表標題<br>Auto Encoderによる顔の向き変換 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会     |
| 4. 発表年<br>2022年                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>元木 竜平, 神野 健哉                            |
| 2. 発表標題<br>新たなクラスター評価基準を用いたデータのラベル推定               |
| 3. 学会等名<br>東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究・非線形ワークショップ 合同研究会 |
| 4. 発表年<br>2022年                                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>酒井 麻帆, 神野 健哉                            |
| 2. 発表標題<br>Word2Vecによる単語埋め込み表現の基礎考察                |
| 3. 学会等名<br>東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究・非線形ワークショップ 合同研究会 |
| 4. 発表年<br>2022年                                    |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>泉 諒音, 神野 健哉                             |
| 2. 発表標題<br>BERTによる文章ベクトルのk-means法を用いた文章分類          |
| 3. 学会等名<br>東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究・非線形ワークショップ 合同研究会 |
| 4. 発表年<br>2022年                                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>高橋 知里, 神野 健哉                            |
| 2. 発表標題<br>ニューラルネットワークによって分離された領域数の推定              |
| 3. 学会等名<br>東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究・非線形ワークショップ 合同研究会 |
| 4. 発表年<br>2022年                                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>代 美月, 神野 健哉                         |
| 2. 発表標題<br>Dropout とBatch Normalization の効果の検証 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2022年総合大会                  |
| 4. 発表年<br>2022年                                |

|                                 |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名<br>岡本 紗季, 神野 健哉         |
| 2. 発表標題<br>AutoEncoderによる顔の向き変換 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2022年総合大会   |
| 4. 発表年<br>2022年                 |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>元木 竜平, 神野 健哉              |
| 2. 発表標題<br>新たなクラスター評価基準を用いたデータのラベル推定 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2022年総合大会        |
| 4. 発表年<br>2022年                      |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>高頭 陸, 神野 健哉            |
| 2. 発表標題<br>PSOによる多層ニューラルネットワークの学習 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2022年総合大会     |
| 4. 発表年<br>2022年                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小久保 淳, 中野秀洋   |
| 2. 発表標題<br>Octave Convolutionの適用によるSelf-Attention Networkの計算コストの削減 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会                                       |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>菅谷健太, 中野秀洋  |
| 2. 発表標題<br>Trust Region Policy Optimizationにおける確率分布間距離に関する検討 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会                                 |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大谷啓太郎, 中野秀洋                           |
| 2. 発表標題<br>超解像手法におけるAttention機構を用いた重みフィルタの生成について |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 非線形問題研究会                     |
| 4. 発表年<br>2021年                                  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小西俊行, 中野秀洋                     |
| 2. 発表標題<br>確率的結合を有する確率的粒子群ネットワークの探索性能について |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2022年総合大会             |
| 4. 発表年<br>2022年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>蜂谷直寛, 中野秀洋                      |
| 2. 発表標題<br>動的報酬多腕バンディット問題における UCBQ の短期的調整法 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2022年総合大会 ISS特別企画      |
| 4. 発表年<br>2022年                            |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano                       |
| 2. 発表標題<br>A Spiking-Oscillator-Based Particle Swarm Optimization |
| 3. 学会等名<br>NOLTA 2020 (国際学会)                                      |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Atsuhiko Uchiyama, Kenya Jin'no      |
| 2. 発表標題<br>Evaluation of Clustering with DBSCAN |
| 3. 学会等名<br>NOLTA 2020 (国際学会)                    |
| 4. 発表年<br>2020年                                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Fu Asano, Kenya Jin'no                                       |
| 2. 発表標題<br>Evaluation of Super-Resolution Image by Deep Neural Networks |
| 3. 学会等名<br>NOLTA 2020 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Takumi Genka, Kenya Jin'no  |
| 2. 発表標題<br>Constraint Satisfaction Problems Solver by Hysteresis Neural Networks |
| 3. 学会等名<br>NOLTA 2020 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Hidehiro Nakano, Arata Miyauchi  |
| 2. 発表標題<br>Basic Performance of a Deterministic PSO Algorithm by a Chaotic Spiking Oscillator Network |
| 3. 学会等名<br>RISP NCSP 2021 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Taichi Fukawa, Kenya Jin'no   |
| 2. 発表標題<br>A Proposal for a Noise Reduction Method Focusing on Spectral Envelopment and Fine Structure of Speech |
| 3. 学会等名<br>RISP NCSP 2021 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tsukasa Saito, Kenya Jin'no                              |
| 2. 発表標題<br>A Fundamental Property of Hysteresis Reservoir Computing |
| 3. 学会等名<br>RISP NCSP 2021 (国際学会)                                    |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Masanao Yasumuro, Kenya Jin'no                                    |
| 2. 発表標題<br>Improvement of Japanese Fingerspelling Identification Rate by MIM |
| 3. 学会等名<br>RISP NCSP 2021 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Haruka Oka, Kenya Jin'no                 |
| 2. 発表標題<br>Interpolation of OpenPose Data using SVR |
| 3. 学会等名<br>RISP NCSP 2021 (国際学会)                    |
| 4. 発表年<br>2021年                                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>布川 大知, 神野 健哉                            |
| 2. 発表標題<br>音声スペクトラルにおける包絡と微細構造の特性に着目した雑音除去手法の提案    |
| 3. 学会等名<br>東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究・非線形ワークショップ 合同研究会 |
| 4. 発表年<br>2021年                                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>齋藤 史, 神野 健哉                             |
| 2. 発表標題<br>ヒステリシスリザパーコンピューティングの基礎特性                |
| 3. 学会等名<br>東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究・非線形ワークショップ 合同研究会 |
| 4. 発表年<br>2021年                                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>源河 拓巳, 神野 健哉                            |
| 2. 発表標題<br>ジョブスケジューリング問題の解法について                    |
| 3. 学会等名<br>東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究・非線形ワークショップ 合同研究会 |
| 4. 発表年<br>2021年                                    |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>齋藤 史, 神野 健哉              |
| 2. 発表標題<br>ヒステリシスリザパーコンピューティングの周期特性 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年総合大会       |
| 4. 発表年<br>2021年                     |

|                               |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名<br>安室 誠直, 神野 健哉       |
| 2. 発表標題<br>MIMによる日本語指文字認識率の向上 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年総合大会 |
| 4. 発表年<br>2021年               |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>布川 大知, 神野 健哉                   |
| 2. 発表標題<br>音声のスペクトラル包絡と微細構造に着目した雑音除去手法の提案 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年総合大会             |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|                               |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名<br>浅野 風, 神野 健哉        |
| 2. 発表標題<br>ZSSRとSRCNNとの比較     |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年総合大会 |
| 4. 発表年<br>2021年               |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>内山 敦博, 神野 健哉            |
| 2. 発表標題<br>半教師学習のためのクラスタリング評価指標の考察 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年総合大会      |
| 4. 発表年<br>2021年                    |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>岡 晴香, 神野 健哉               |
| 2. 発表標題<br>SVRによるモーションキャプチャの欠損データの補間 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 2021年総合大会        |
| 4. 発表年<br>2021年                      |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>M.Okada, H.Nakano, A.Miyauchi                                       |
| 2. 発表標題<br>IMAS-GAN: Unsupervised Domain Translation without Cycle Consistency |
| 3. 学会等名<br>RISP NCSP 2021 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>伊藤功騎, 中野秀洋, 宮内新                                  |
| 2. 発表標題<br>Depthwise Separable Convolutionを適用した省パラメータな3DCNN |
| 3. 学会等名<br>信学技報CCS, IEICE-CCS2020-27                        |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>岡田雅史, 中野秀洋, 宮内新                                 |
| 2. 発表標題<br>Generative Adversarial Networksによる教師無し順方向ドメイン変換 |
| 3. 学会等名<br>信学技報CCS, IEICE-CCS2020-28                       |
| 4. 発表年<br>2021年  |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Kenya Jin'no, Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano                        |
| 2. 発表標題<br>Search Property of Nonlinear Map Optimization                         |
| 3. 学会等名<br>2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE CEC 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Kenya Jin'no, Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano   |
| 2. 発表標題<br>Search Strategy Based on a Nonlinear Map Optimization                                      |
| 3. 学会等名<br>2019 International Conference of Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takumi Genka, Kenya Jin'no   |
| 2. 発表標題<br>Constraint Satisfaction Problem Solver by Hysteresis Neural Networks                       |
| 3. 学会等名<br>2019 International Conference of Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>神野 健哉   |
| 2. 発表標題<br>Analysis of the Dynamics of Swarm Intelligence Optimization |
| 3. 学会等名<br>令和元年度東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究発表会                              |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>H.Nakano, M.Mochida and A.Miyauchi  |
| 2. 発表標題<br>Generalization Performance Improvement of Asynchronous Deep Reinforcement Learning                        |
| 3. 学会等名<br>The 15th International Conference on Multimedia Information Technology and Applications (MITA2019) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>H.Nakano, A.Miyauchi   |
| 2. 発表標題<br>Improvement of Global Search Performance in MOPSO Using Chaotic Maps                         |
| 3. 学会等名<br>The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA2019) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>佐々木智志, 中野秀洋                            |
| 2. 発表標題<br>結合スパイク発振器に基づく探索粒子の基本動作                 |
| 3. 学会等名<br>2019年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ/NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年<br>2019年                                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tomoyuki Sasaki, Hidehiro Nakano  |
| 2. 発表標題<br>Analysis for Optimizer Based on Spiking-Neural Oscillator Networks with a Simple Network Topology |
| 3. 学会等名<br>IEEE ISCAS2024 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2024年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>渡部朔治, 佐々木智志                    |
| 2. 発表標題<br>CNNとGRUを用いた将棋対局者における人間とAIの分類手法 |
| 3. 学会等名<br>情報処理学会第86回全国大会                 |
| 4. 発表年<br>2024年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>渡部朔治, 佐々木智志                               |
| 2. 発表標題<br>CNNとGRUを用いた将棋対局者における人間とAIの分類手法と指し手一致率との比較 |
| 3. 学会等名<br>情報処理学会 ゲーム情報学研究会                          |
| 4. 発表年<br>2024年                                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>佐々木智志, 中野秀洋                              |
| 2. 発表標題<br>スパイク発振器ネットワーク群知能アルゴリズムにおける簡素なネットワーク構造の解析 |
| 3. 学会等名<br>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<br>2023年                                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Kenta Mikawa, Manabu Kobayashi, Tomoyuki Sasaki, Akiko Manada                             |
| 2. 発表標題<br>A study on latent structural models for binary relational data with attribute information |
| 3. 学会等名<br>NOLTA2023 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2023年  |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|           | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                        | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)              | 備考 |
|-----------|--|------------------------------------|----|
| 研究<br>分担者 | 中野 秀洋<br><br>(Nakano Hidehiro)<br><br>(10386360) | 東京都市大学・情報工学部・教授<br><br><br>(32678) |    |
| 研究<br>分担者 | 神野 健哉<br><br>(Jin'no Kenya)<br><br>(50286762)    | 東京都市大学・情報工学部・教授<br><br><br>(32678) |    |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|