

令和 2 年 6 月 26 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：17K00348

研究課題名（和文）ネットワーク・ダイナミカル・システム理論の構築とビッグデータ解析への応用

研究課題名（英文）Network Dynamical System Theory and its Application to Big Data analysis

研究代表者

池口 徹（Ikeguchi, Tohru）

東京理科大学・工学部情報工学科・教授

研究者番号：30222863

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）：本研究の目的は、ネットワークの特徴に適した新しい距離を用いて、ネットワーク間の距離を用いたネットワーク・ダイナミカル・システム理論を構築することである。さらに、ここで構築した理論を実データ解析へ応用する。具体的に得られた成果は、以下の通りである。(1) スペクトルグラフ理論に基づくネットワーク間の距離の定量化指標を用いてネットワーク・ダイナミカル・システム理論の基盤を構築した。(2) ネットワーク理論に関する周辺理論の整備を行った。さらに、提案理論を現実世界に存在する高解像度時空間ネットワークデータの解析に応用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、複雑ネットワーク理論に立脚した真の意味でネットワーク間の距離を用いて、複雑現象の時間発展ダイナミクスをダイナミカルシステム論的立場から解析するネットワーク・ダイナミカル・システム理論を構築する。具体的には、ネットワーク間の距離を用いることで、ネットワークの状態空間を定義する。また、本研究の進展により、動的、静的に関係なく、種々のネットワークの状態が定義され、その類似性を定量化することも可能となる。これは本研究成果の学術的意義に他ならない。また、本研究により構築されたネットワーク・ダイナミカル・システム理論という新しい理論体系が創生されることは十分に社会的な意義があるものである。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to construct a new theory of network dynamical systems with new distance between networks which is appropriate to characterize the network. In addition, we apply the theory developed here to real-world network analysis. The concrete results are as follows. (1) Using a quantitative measure of distance between networks based on spectral graph theory, we establish the foundation of network dynamical system theory. (2) We also have developed several theories on the network theory. Furthermore, we have applied the proposed theory to the analysis of spatio-temporal network data in the real world with high resolution.

研究分野：非線形力学系理論，複雑ネットワーク理論

キーワード：ネットワーク ダイナミカルシステム 複雑現象 スペクトルグラフ距離 テンポラル・ネットワーク

1 研究開始当初の背景

近年の情報通信技術，データ計測技術の発展に伴い，従来とは異なるタイプの超高解像度時空間情報を大量に計測できる時代となっている．例えば，大規模なヒトの移動に関する情報，道路網・鉄道網・航空網上での交通流量，血中タンパク質の発現量等である．現在では，これらのデータは「ビッグデータ」とも称されているが，これらのデータを頂点集合と枝集合からなるネットワークとして表現し，そのネットワーク構造が時間的に発展するテンポラル・ネットワークとして捉えることで解析する手法の開発が急務である．

研究代表者は，現実世界の複雑性を捉える切り口として注目されている複雑ネットワーク理論とその応用に関する研究に10年以上携わっている．一方，複雑な挙動を示す現象の特徴を，非線形力学系理論の立場から捉えようとするカオス時系列解析に関する研究，非線形振動子の同期現象に関する研究，カオスダイナミクスの離散最適化問題への応用に関する研究なども行ってきた．これらの非線形ダイナミカルシステムと複雑ネットワークに関する研究に従事してきた研究代表者は，大規模な複雑現象をネットワーク的側面から捉える重要性をいち早く認識し，科研費（挑戦的萌芽 H21～23，挑戦的萌芽 H24～27）の援助を受けて，複雑ネットワークの時間発展法則の同定に関する研究を遂行してきた．

これらの研究支援を受けて得た成果から，種々の複雑現象をネットワークの時間発展の立場から捉え，解析し，さらには，その時間発展ダイナミクスを同定し，予測するためには，各時刻におけるネットワークの状態遷移の関係を定量的に定めること，すなわち，ネットワーク間の距離を定量化することが必要不可欠であることを明らかにしている．

ネットワーク間の距離をどのように定めるかについては，例えば，ハミング距離・編集距離などの指標がしばしば採用されている．しかし，対象となるネットワーク間には，一般にノード数，リンク数に差が存在するだけでなく，これらのノード，リンクは，時間の経過とともに，生成・消滅する．このような状況下では，旧来のハミング距離，編集距離などは脆弱である．すなわち，旧来の距離尺度では，テンポラル・ネットワークに特有な状況に対して状態空間を定義することが困難である．これはすなわち，ネットワークの構造的特徴を活かした真の意味でネットワーク間の「距離」が必要ということを示している．

しかし，このことは逆に，ノード数の差，リンク数の差，ノード・リンクの生成・消滅に影響されないネットワーク間の距離を定量化できれば，すなわち，ネットワークの状態変化に応じて距離を適切に計測することができれば，上記の課題は一気に解決されることを意味する．それは，ネットワーク間の距離が定まれば，古典的多次元尺度法などを用いて，状態空間内での関係を定めることができるからである．そして，ネットワーク間の類似性を定量化できる普遍的な距離に関する理論を構築することで，非線形時系列解析論的観点を導入した複雑ネットワークの時間発展理論，すなわち，ネットワーク・ダイナミカル・システム理論の確立が可能となること，さらに，この理論に従ったアルゴリズムの実装に成功すれば，複雑現象解析の強力なブレークスルーとなる．

一方，複雑ネットワーク理論におけるコミュニティ構造とその抽出技法が，近年注目されている．これは，ネットワークの有する構造的特徴を的確に定量化できるためである．特に，ネットワークの隣接行列から算出されるモジュラリティ行列，ラプラス行列，マルコフ行列などは，ノードとリンクから構成されるというネットワークの構造的特徴を定量化するものである．このような流れの中で，研究代表者と研究分担者は，ネットワークのコミュニティ構造に着目することで，従来のハミング距離，編集距離などは全く異なる，ネットワークの構造類似性を定量化する新しい指標を開発することに成功している (Y. Shimada, Y. Hirata, T. Ikeguchi, K. Aihara, “Graph distance for complex networks,” Scientific Reports, Vol.6, No.34944, 2016)．

研究代表者と研究分担者が提案した，このネットワーク間の新しい距離を用いれば，ネットワーク間の時間発展に関する新しい力学系理論—ネットワーク・ダイナミカル・システム理論—の構築が可能である．さらに，この理論を用いれば，種々の複雑現象解析にとって，十分な研究進展の突破口となり得るだけでなく，これらのネットワーク間距離を基盤とするテンポラル・ネットワークに関する研究が爆発的に進展し，ビッグデータ解析にも大きく寄与できる．そして，これにより，「非線形力学系理論」と「複雑ネットワーク解析」を融合させた真の意味で全く新しい概念・理論体系の創生が可能である．

2 研究の目的

そこで本研究計画では，上記のような研究開始当初の背景に鑑み，複雑現象をテンポラル・ネットワークの立場から解析するための新しい理論体系—ネットワーク・ダイナミカル・システム理論—を構築するこ

とを目的とする。具体的には、研究代表者と研究分担者が提案した複雑ネットワーク理論におけるコミュニティ構造の検出法に基づいたネットワーク間の類似性を定量化する指標を用いて、ネットワークに対する状態空間という独創的な概念を提案し、その理論的基盤を構築する。また、提案する理論に基づいたネットワーク・ダイナミカル・システム理論を種々の複雑現象の解析に適用する。その際、具体的な、ネットワークダイナミクス予測アルゴリズムを開発することで、複雑現象の予測問題へと応用する。

3 研究の方法

このように本研究課題では、従来までは、考慮することが非常に困難であった複雑ネットワークの時間発展予測を通じて、複雑現象全般の予測問題に関する新たなブレイクスルーとなり得るような理論の構築を目指す。そこで、本研究計画では、以下の3項目(1)、(2)、(3)に絞って研究を遂行する。

(1) ネットワーク・ダイナミカル・システム理論の基盤構築-ネットワーク状態空間の定義-

本研究課題で用いるネットワーク間の距離は、ネットワーク中のコミュニティ構造に着目するものであり、二つのネットワーク間のコミュニティ構造の差異を定量化することで距離とするものである(Y. Shimada, Y.Hirata, T. Ikeguchi, K.Aihara, “Graph distance for complex networks,” Scientific Reports, Vol.6, No.34944, 2016). 具体的には、隣接行列を変換したモジュラリティ行列、ラプラス行列、マルコフ行列をベースとした、コミュニティ構造ベースの距離である(図1(左)). その際、モジュラリティ行列、ラプラス行列、マルコフ行列を元にしたハミング距離、編集距離を定義することも可能である(図1(左)).

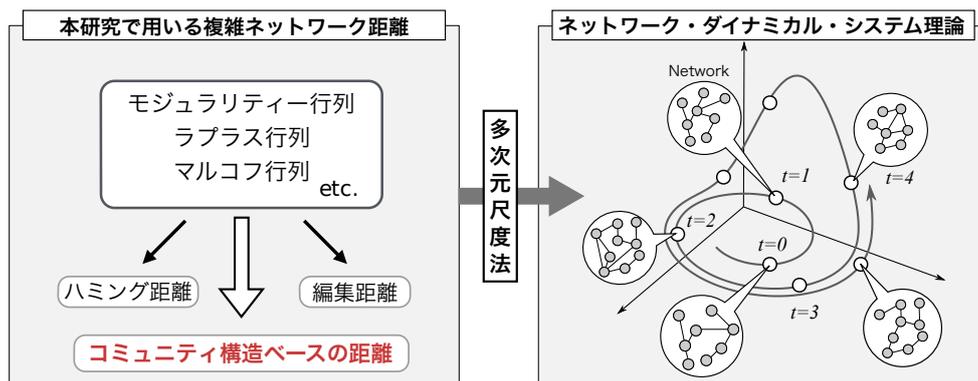


図 1: 研究代表者・研究分担者らが提案したネットワーク間距離(左)を用いて、状態空間を定義し、ネットワークの時間発展をダイナミカル・システムの的に記述する(右)。

本研究で用いるネットワーク間距離は(図1(左))は、従来用いられてきたネットワーク間距離とは異なり、頂点数、枝数に差がある場合にも適用できるため、種々のネットワークの時間発展に対応できる。

そこで、この距離を用いて多次元尺度法で高次元空間にネットワークの状態を埋め込むことができる(図1(右)), すなわち、この距離を用いて、ネットワーク・ダイナミカル・システム理論の基盤となるネットワークの状態空間を理論的に定義し、これにより種々のネットワークの時間発展に対応する。

(2) ネットワークの決定論的非線形ダイナミクスの解析

(1)で定義したネットワークの状態を用いて、ネットワークの時間発展を多次元位相空間内へと埋め込むことで、これをネットワークの時間発展と捉え、その非線形構造に着目した解析を行う。まず、時間発展するネットワークに対して、各時刻間の距離を算出する。多次元尺度法を用いて状態空間への埋め込まれた情報(前頁 図1 右)を時間発展するネットワークの「アトラクタ」と定義する。このアトラクタを解析対象として、ネットワーク・ダイナミカル・システム理論の妥当性を詳細に検討する。

(3) ネットワーク・ダイナミクスの統計的解析

ネットワークの時間発展を、多次元空間に埋め込まれたデータの時間発展と捉えるとき、その相関構造に着目するのは基本的である。ここでは、自己回帰モデルベースの解析を用いて、ネットワークの時間発展の線形モデリングに関する従来技法を隈無く適用することにより、テンポラル・ネットワークの線形相関解析法を開発する。

4 研究成果

はじめに、時刻 t において観測されたネットワークを $G^{(t)}$ とする。本研究では、各時刻に観測されたネットワークの時系列、 $\{G^{(1)}, G^{(2)}, \dots, G^{(T)}\}$ を用いてテンポラル・ネットワークを定義する。ここで、 T は、テンポラル・ネットワークの観測期間である。次に時刻 t に観測されたネットワークの隣接行列を $A^{(t)}$ とする。ただし、隣接行列 $A^{(t)}$ のサイズは、 $N(t) \times N(t)$ である。ここで、 $N(t)$ は時刻 t におけるノード数であり、ノード i とノード j が接続していれば $A_{ij}^{(t)} = 1$ 、そうでなければ $A_{ij}^{(t)} = 0$ である。また、ネットワークは無向で、自己ループが含まれていないとしている。すなわち、 $A_{ij}^{(t)} = A_{ji}^{(t)}$ かつ $A_{ii}^{(t)} = 0$ である。

ここで、 $\lambda_i^{(t)}$ を $L^{(t)}$ の第 i 固有値、 $\mathbf{v}_i^{(t)}$ を固有ベクトルとする。ただし、 $\lambda_1^{(t)} = 0 \leq \lambda_2^{(t)} \leq \dots \leq \lambda_{N(t)}^{(t)}$ である。二つのネットワーク $G^{(t)}$ 、 $G^{(t')}$ 間の距離を

$$d(G^{(t)}, G^{(t')}) = \frac{1}{M_{tt'} - 1} \sum_{r=2}^{M_{tt'}} d'(\rho_r^{(t)}, \rho_r^{(t')}), \quad (1)$$

とする。ただし、 $2 \leq M_{tt'} \leq \min(N^{(t)}, N^{(t')})$ 、 $\rho_r^{(t)}$ 、 $\rho_r^{(t')}$ は第 r 固有ベクトル $\mathbf{v}_r^{(t)}$ と $\mathbf{v}_r^{(t')}$ の要素値の確率分布、また、 $d'(\rho_r^{(t)}, \rho_r^{(t')})$ は、確率分布 $\rho_r^{(t)}$ と $\rho_r^{(t')}$ の間の距離であり、

$$d'(\rho_r^{(t)}, \rho_r^{(t')}) = \int_{-\infty}^{\infty} |\varrho_r^{(t)}(y) - \varrho_r^{(t')}(y)| dy, \quad (2)$$

で定義される。ここで、 $\varrho_r^{(t)}(y)$ と $\varrho_r^{(t')}(y)$ は、 $\rho_r^{(t)}$ と $\rho_r^{(t')}$ から算出される累積分布関数である。

式 (1) において、 M_{ij} は距離を計算する際に用いられる固有ベクトルの数を定めるパラメータである。本研究では、 $M_{tt'} = \min(N^{(t)}, N^{(t')})$ としている。

本研究では、ある時刻 t におけるネットワーク $G^{(t)}$ が与えられると、 $G^{(t+s)}$ ($s > 0$) を以下の手順で推定する。

- $G^{(t)}$ の最近傍ネットワーク $G^{(t_n)}$ を決定する。ただし、 t_n は、

$$t_n = \operatorname{argmin}_{t' \in \{1, 2, \dots, t-s\}} d(G^{(t)}, G^{(t')}). \quad (3)$$

により計算される。

- $\hat{G}^{(t+s)}$ を $G^{(t+s)}$ に対する予測値とすると、 $G^{(t+s)}$ は、

$$\hat{G}^{(t+s)} \equiv G^{(t_n+s)}. \quad (4)$$

で推定される。

本研究課題で提案する手法の評価は、SocioPattern が提供する実際の病院でのコンタクトネットワーク (P. Vanhems et al., “Estimating Potential Infection Transmission Routes in Hospital Wards Using Wearable Proximity Sensors,” *PLoS ONE*, **8**, e73970, 2013.) を用いて行った。このデータセットでは、患者と医師、看護師を含めたヘルスケア担当者がネームタグを身につけており、このネームタグには、RFID によるワイヤレスセンサが備えられている。また、20 秒ごとにこれらの人たちの空間的な距離が計測される (そう計測時間 97 時間)。各ネームタグには固有の識別 ID がついていて、各人は ID で同定される。このコンタクトデータは 1 時間ごとのデータとして分割され、ここからネットワークデータ $\{G^{(1)}, G^{(2)}, \dots, G^{(97)}\}$

が生成される。この実験では、最初の T_d 時間をデータベースとして使用し、 $G^{(T_d+1)}, \dots, G^{(T)}$ を予測する。 $G^{(t)}$ ($T_d < t \leq T$) に対して、 $\hat{G}^{(t+s)}$ を推定し、各予測ステップに対する平均予測誤差

$$E(s) = \frac{1}{T - T_d - s - 1} \sum_{t=T_d+1}^{T-s} d(\hat{G}^{(t+s)}, G^{(t+s)}), \quad (5)$$

を算出する。ただし、 $T_d = 67$, $T = 97$ としている。提案手法と従来手法 (予測値として $G^{(t)}$ を採用する手法) の比較を行う。 s ステップ後のネットワーク $G^{(t+s)}$ は $\hat{G}^{(t+s)} \equiv G^{(t)}$ により予測される。

図2はネットワーク予測の結果を示している。図2(a)は、ネットワーク間距離としてハミング距離を用いた場合、図2(b)は、本研究で用いるスペクトルグラフ距離を用いた場合である。図2の横軸は予測ステップ s 、縦軸は予測ネットワーク $\hat{G}^{(t+s)}$ と真のネットワーク $G^{(t+s)}$ 間の予測誤差である。

提案手法 (図2中 Proposed) で得た予測誤差、従来手法 (図2中 Persistent) による予測誤差、また、ランダムな予測法とした場合 (図2中 Random) の予測誤差が示されている。さらに、予測誤差間に有意差があるかどうかを t 検定により検定した結果も合わせて示している。図2(b)を見ると、スペクトルグラフ距離を用いた場合、 $s > 7$ において、提案手法は、従来手法・ランダム予測手法よりも良い予測結果が得られることがわかる。

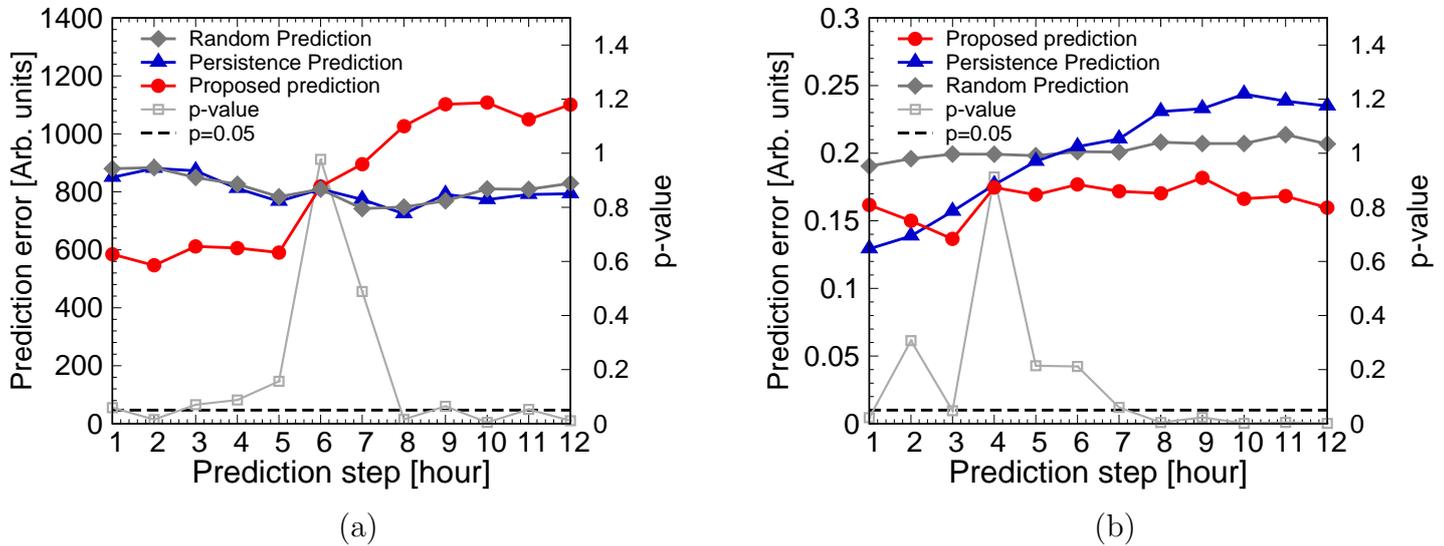


図2: ネットワーク間の距離を (a) ハミング距離とした場合と (b) スペクトルグラフ距離とした場合のコンタクトネットワークに対する予測結果。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計44件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 6件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Misa Fujita, Takayuki Kimura, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Solving the Steiner tree problem in graphs by chaotic search | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, | 6. 最初と最後の頁 90-108 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.11.90 | 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 Yutaka Shimada, Mayumi Tatara, Kantaro Fujiwara and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 127 |
| 2. 論文標題 Formation mechanisms of local structures in language networks | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 EPL | 6. 最初と最後の頁 56003 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1209/0295-5075/127/56003 | 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 Ryota Nomura, Ying-Zong Liang, Kenji Morita, Kantaro Fujiwara and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Threshold-varying integrate-and-fire model reproduces distributions of spontaneous blink intervals | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 PLoS ONE | 6. 最初と最後の頁 306258 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0206528 | 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 Tohru Ikeguchi and Yutaka Shimada | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Analysis of Synchronization of Mechanical Metronomes | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Conference on Applications in Nonlinear Dynamics. Understanding Complex Systems | 6. 最初と最後の頁 141-152 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-10892-2_15 | 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 Tohru Ikeguchi, Kenshi Sakai | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 A New Frontier of Nonlinear Science -Math-Agro Science- | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019) | 6. 最初と最後の頁 71 |
| 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 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 Yutaka Shimada, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Tracking Temporal Networks by Means of Graph Distance Based on a Laplacian Matrix | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019) | 6. 最初と最後の頁 585-586 |
| 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 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 Misa Fujita, Takayuki Kimura, Tohru Ikeguchi, | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 The Relationship Between Average Firing Rates and Performance of the Chaotic Search for Solving the Steiner Tree Problem in Graphs | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019) | 6. 最初と最後の頁 505-508 |
| 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 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 Kotaro Kasahara, Yutaka Shimada, Kantaro Fujiwara, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Effects of TRPM2 Channel on Insulin Secretion | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019) | 6. 最初と最後の頁 54-57 |
| 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 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 Kohei Yamamoto, Yutaka Shimada, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Estimation of Predictability of Marked Point Processes Using Constrained Random Shuffle Surrogate Data | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019) | 6. 最初と最後の頁 532-535 |
| 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 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 Shiki Kanamaru, Yutaka Shimada, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 A Method for Extracting Deterministic Properties of Nonlinear Time Series with a Variable Threshold | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019) | 6. 最初と最後の頁 536-539 |
| 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 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 Fujia Mao, Yutaka Shimada, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Analysis of Structural Features of Musical Compositions Using Complex Network Theory | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019) | 6. 最初と最後の頁 587-590 |
| 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 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 Kazuya Sawada, Yutaka Shimada, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Estimation of Neural Network Structure Using Inter-Spike Intervals | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019) | 6. 最初と最後の頁 591-594 |
| 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 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 Kosei Takahashi, Toshichika Aoki, Takayuki Kimura, and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 An Effective Tabu Search Method with a Limited Search Space for Carpooling Optimization Problems | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of XIII Metaheuristics International Conference MIC 2019 | 6. 最初と最後の頁 109-111 |
| 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 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 Toshichika Aoki, Hideyuki Kato, Takayuki Kimura, and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Optimization of Synchro- nizability in Power Grids Using a Second-order Kuramoto Model | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of XIII Metaheuristics International Conference MIC 2019 | 6. 最初と最後の頁 126-128 |
| 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 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 Akinori Yoshida, Masaya Kaneko, Toshichika Aoki, Takayuki Kimura, and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Efficient Algorithm for Packet Routing Problems Using Transmission History Information | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of XIII Metaheuristics International Conference MIC 2019 | 6. 最初と最後の頁 205-207 |
| 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 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 Nanfu Miya, Yutaka Shimada, Kantaro Fujiwara, and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Effects of excitatory/inhibitory neuron ratio on neural activities and network structures | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Con- ference on Mathematical NeuroScience (ICMNS2019) | 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) なし | 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 Kazuya Sawada, Yutaka Shimada, and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Estimation of Connections between Neurons only from Inter-Spike-Interval | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Conference on Mathematical Neuroscience (ICMNS2019) | 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) なし | 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 Sakura Rai, Mayu Aoki, Yutaka Shimada, Kantaro Fujiwara, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Investigation of ISO Generated by Dopaminergic Modulation and Inhibitory Synaptic Learning | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Conference on Mathematical Neuroscience (ICMNS2018) | 6. 最初と最後の頁 1-1 |
| 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 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 池口 徹 | 4. 巻 119 |
| 2. 論文標題 ISI再構成とリカレンスプロットによる神経素子への入出力情報の解析 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 43-48 |
| 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 澤田 和弥, 島田 裕, 池口 徹 | 4. 巻 119 |
| 2. 論文標題 スパイク間隔時系列を用いたニューラルネットワークの構造推定 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 13-28 |
| 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 金丸 志生, 島田 裕, 池口 徹 | 4. 巻 119 |
| 2. 論文標題 リカレンスプロットの閾値変動による非線形時系列信号の特徴抽出 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 23-28 |
| 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 野村 亮太, 池口 徹 | 4. 巻 119 |
| 2. 論文標題 重畳リカレンスプロットを用いたニューロンへの共通入力再構成に関する一検討 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 23-28 |
| 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 藤田 実沙, 木村 貴幸, 池口 徹 | 4. 巻 119 |
| 2. 論文標題 ネットワーク中心性を使用したShortest Path Heuristic | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 41-46 |
| 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 毛 福佳, 島田 裕, 池口 徹 | 4. 巻 119 |
| 2. 論文標題 マーク付点過程に対する拡張Visibility Graphの提案と楽曲構造解析への応用 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 47-52 |
| 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 Tohru Ikeguchi , Yutaka Shimada , Kantaro Fujiwara , Sakura Rai , Toshihiro Kobayashi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Synaptic Dynamics in ISO by Dopaminergic Modulation and Inhibitory Synaptic Learnings | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2018) | 6. 最初と最後の頁 164-167 |
| 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 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 Misa Fujita , Takayuki Kimura , Kantaro Fujiwara , Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Solving the Steiner Tree Problem in Graphs Using the Key-Path Based Neighborhood with the kth Shortest Path | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2018) | 6. 最初と最後の頁 61-64 |
| 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 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 Kohei Yamamoto , Yutaka Shimada , Kantaro Fujiwara , Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Nonlinear Analysis on Temporally High Resolution Data of Stock Markets in Japan | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2018) | 6. 最初と最後の頁 434-437 |
| 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 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 Shiki Kanamaru , Yutaka Shimada , Kantaro Fujiwara , Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Nonlinear Time Series Analysis on LOT07 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2018) | 6. 最初と最後の頁 430-433 |
| 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 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 藤田 実沙, 木村 貴幸, 池口 徹 | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 異なる不応性を有するニューラルネットワークによるグラフのシュタイナー木問題の解探索性能の比較 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 51-56 |
| 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 澤田 和弥, 島田 裕, 池口 徹 | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 ネットワーク構造の違いが因果関係の推定精度に与える影響について | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 33-38 |
| 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 金丸 志生, 島田 裕, 藤原寛太郎, 池口 徹 | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 カオス乱数の性能に与える数値計算精度の影響 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 45-50 |
| 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 金丸 志生, 島田 裕, 藤原寛太郎, 池口 徹 | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 整数ロジスティック写像を用いたカオス乱数とNIST検定による性能評価 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 23-28 |
| 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 山本 紘平, 島田 裕, 池口 徹 | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 制約付ランダムシャッフルサロゲートデータを用いたカオスのマーク付き点過程の解析法について | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 29-34 |
| 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 山崎 凌, 島田 裕, 池口 徹 | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 ビット情報の効果的な利用を考慮したカオスMIMOシステムとその性能解析 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 35-40 |
| 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 内木 楓, 島田 裕, 藤原寛太郎, 池口 徹 | 4. 巻 J100-A |
| 2. 論文標題 Izhikevichニューロンモデルにおけるカオス応答とカオス同期 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌A | 6. 最初と最後の頁 195-204 |
| 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 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 Toshihiro Kobayashi, Yutaka Shimada, Kantaro Fujiwara and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Reproducing Infra-Slow Oscillations with Dopaminergic Modulation | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 2411 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-02366-z | 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 Hikaru Ohnishi , Yutaka Shimada , Kantaro Fujiwara and Tohru Ikeguchi | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Chaotic Neurodynamical search with small number of neurons for solving QAP | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications IEICE | 6. 最初と最後の頁 255-265 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.8.255 | 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 Misa Fujit, Takayuki Kimura, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Solving the Steiner Tree Problem in Graphs by Chaotic Neural Network using Key Path Neighborhood | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 12th Metaheuristics International Conference(MIC 2017) | 6. 最初と最後の頁 834-836 |
| 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 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 Kantaro Fujiwara, Hiroyasu Ando, Tohru Ikeguch, Masashi Yoshida, Masafumi Kakei | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Mathematical Model of TRPM2 Activation in Pancreatic -cells | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2017 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2017) | 6. 最初と最後の頁 387-390 |
| 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 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 Misa Fujita, Takayuki Kimura, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Evaluation of the performance of the chaotic neural network for solving the Steiner tree problem in graphs with incidence costs | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2017 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2017) | 6. 最初と最後の頁 712-715 |
| 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 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 Mayu Aoki, Hideyuki Kato, Yutaka Shimada, Kantaro Fujiwara, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Effect of connectivity weights of inhibitory neurons in neuronal avalanches | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 2017 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2017) | 6. 最初と最後の頁 152-155 |
| 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 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 塩見 優介, 島田 裕, 藤原 寛太郎, 池口 徹 | 4. 巻 117 |
| 2. 論文標題 メトロノーム数が同期に与える影響 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 47-52 |
| 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 青木 舞優, 加藤 秀行, 島田 裕, 藤原 寛太郎, 池口 徹 | 4. 巻 117 |
| 2. 論文標題 神経活動リズムと神経雪崩現象の関係 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 59-64 |
| 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 頼 さくら, 島田 裕, 藤原 寛太郎, 池口 徹 | 4. 巻 117 |
| 2. 論文標題 ドーパミンの作用と抑制性シナプスの学習による低周波リズムの生成 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 | 6. 最初と最後の頁 69-74 |
| 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 - |

〔学会発表〕 計65件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 22件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 澤田 和弥 |
| 2. 発表標題 スパイク列間の因果性検出におけるノイズに対する頑健性について |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2020年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮 南風 |
| 2. 発表標題 興奮性/抑制性ニューロン比率がシナプス結合強度とネットワーク構造に与える影響 |
| 3. 学会等名 2019年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 毛 福佳 |
| 2. 発表標題 拡張Visibility Graphを用いた楽曲構造の特徴抽出について |
| 3. 学会等名 2019年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 澤田 和弥 |
| 2. 発表標題 非線形力学系理論に基づいたスパイク列間の因果推定 |
| 3. 学会等名 2019年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 池口 徹 |
| 2. 発表標題 非線形時系列解析, 複雑ネットワーク, そして, 数理農学 (電子情報通信学会 フェロー記念講演) |
| 3. 学会等名 2019年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 金丸 志生 |
| 2. 発表標題 領域閾値リカレンスプロットを用いた非線形時系列解析 |
| 3. 学会等名 2019年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤田 実沙 |
| 2. 発表標題 枝媒介中心性を使用したShortest Path Heuristic |
| 3. 学会等名 2019年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 毛 福佳 |
| 2. 発表標題 ネットワーク間の距離を用いた楽曲構造の解析 |
| 3. 学会等名 2019年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 澤田 和弥 |
| 2. 発表標題 因果関係に潜む非線形性の同定に関する一考察, |
| 3. 学会等名 2019年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tohru Ikeguchi |
| 2. 発表標題 A New Frontier of Nonlinear Science -Math-Agro Science-, |
| 3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yutaka Shimada |
| 2. 発表標題 Tracking Temporal Networks by Means of Graph Distance Based on a Laplacian Matrix |
| 3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Misa Fujita |
| 2. 発表標題 The Relationship Between Average Firing Rates and Performance of the Chaotic Search for Solving the Steiner Tree Problem in Graphs |
| 3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kotaro Kasahara |
| 2. 発表標題 Effects of TRPM2 Channel on Insulin Secretion |
| 3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kohei Yamamoto |
| 2. 発表標題 Estimation of Predictability of Marked Point Processes Using Constrained Random Shuffle Surrogate Data |
| 3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shiki Kanamaru |
| 2. 発表標題 A Method for Extracting Deterministic Properties of Nonlinear Time Series with a Variable Threshold |
| 3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuya Sawada |
| 2. 発表標題 Estimation of Neural Network Structure Using Inter-Spike Intervals |
| 3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fujie Mao |
| 2. 発表標題 Analysis of Structural Features of Musical Compositions Using Complex Network Theory |
| 3. 学会等名 The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kosei Takahashi |
| 2. 発表標題 An Effective Tabu Search Method with a Limited Search Space for Carpooling Optimization Problems |
| 3. 学会等名 XIII Metaheuristics International Conference (MIC 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Toshichika Aoki |
| 2. 発表標題 Optimization of Synchronizability in Power Grids Using a Second-order Kuramoto Model |
| 3. 学会等名 XIII Metaheuristics International Conference (MIC 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Akinori Yoshida |
| 2. 発表標題 Efficient Algorithm for Packet Routing Problems Using Transmission History Information |
| 3. 学会等名 XIII Metaheuristics International Conference (MIC 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Nanfu Miya |
| 2. 発表標題 Effects of excitatory/inhibitory neuron ratio on neural activities and network structures |
| 3. 学会等名 The 5th International Conference on Mathematical NeuroScience (ICMNS2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuya Sawada |
| 2. 発表標題 Estimation of Connections between Neurons only from Inter-Spike-Interval |
| 3. 学会等名 The 5th International Conference on Mathematical NeuroScience (ICMNS2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sakura Rai |
| 2. 発表標題 Investigation of ISO Generated by Dopaminergic Modulation and Inhibitory Synaptic Learning |
| 3. 学会等名 The 4th International Conference on Mathematical NeuroScience (ICMNS2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tohru Ikeguchi |
| 2. 発表標題 Synaptic Dynamics in ISO by Dopaminergic Modulation and Inhibitory Synaptic Learnings |
| 3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications(NOLTA2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Misa Fujita |
| 2. 発表標題 Solving the Steiner Tree Problem in Graphs Using the Key-Path Based Neighborhood with the kth Shortest Path |
| 3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications(NOLTA2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kohei Yamamoto |
| 2. 発表標題 Nonlinear Analysis on Temporally High Resolution Data of Stock Markets in Japan |
| 3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications(NOLTA2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shiki Kanamaru |
| 2. 発表標題 Nonlinear Time Series Analysis on LOT07 |
| 3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications(NOLTA2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤田 実沙 |
| 2. 発表標題 グラフ的シュタイナー木問題に対する複数の最短経路を使用した局所探索法 |
| 3. 学会等名 2018年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 笠原 宏太郎 |
| 2. 発表標題 臍 細胞のTRPM2チャンネル活性に伴うカルシウムダイナミクスの再現 |
| 3. 学会等名 2018年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 山本 紘平 |
| 2. 発表標題 1日の株価変動に対する非線形解析 |
| 3. 学会等名 2018年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 金丸 志生 |
| 2. 発表標題 LOT06に対する非線形時系列解析 |
| 3. 学会等名 2018年電子情報通信学会NOLTAソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮 南風 |
| 2. 発表標題 興奮性/抑制性ニューロン比率が発火率と学習に与える効果 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 笠原 宏太郎 |
| 2. 発表標題 TRPM2 チャンネルがインスリン分泌に与える影響の調査 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 金丸 志生 |
| 2. 発表標題 カオスダイナミクスによる擬似乱数にXORを施した場合の性能評価 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 小川 徳紀 |
| 2. 発表標題 局所対大域リカレンスプロットを用いた非線形時系列解析 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 山本 紘平 |
| 2. 発表標題 マーク付点過程データに対する決定論性の調査手法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 野村 亮太 |
| 2. 発表標題 重畳リカレンスプロットを用いた共通入力の再構成 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山崎 凌 |
| 2. 発表標題 カオスMIMOシステムにおけるピットの利用法の改良とその性能評価 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 澤田 和弥 |
| 2. 発表標題 Convergent Cross Mappingによる複雑ネットワーク構造上での因果推定 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田 実沙 |
| 2. 発表標題 グラフ的シュタイナー木問題に対するタブーサーチとカオスサーチの探索の多様性について |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 池口徹 |
| 2. 発表標題 数理農学創生へ向けた植物繁殖同調現象のメカニズム解明と生産管理論の構築 |
| 3. 学会等名 Perspective of chaos application to agriculture, RIMS Joint Research Workshop, Research Institute of Mathematical Science (招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野村 亮太 |
| 2. 発表標題 ジョイントリカレンスプロットによる瞬目同期の時間スケール解析 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田 実沙 |
| 2. 発表標題 K番目の最短経路を使用したグラフのシュタイナー木構築法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 多々良 真弓美 |
| 2. 発表標題 重み付き有向ネットワークの指標を用いた多言語間の比較 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 中川 祐季 |
| 2. 発表標題 メトロノーム同期実験において出現するカオス応答の解析 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 金丸 志生 |
| 2. 発表標題 整数ロジスティック写像の応答より生成した乱数列の統計的解析 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 笠原 宏太郎 |
| 2. 発表標題 数理モデルによる胼 細胞のTRPM2チャネル活性の再現 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 山本 紘平 |
| 2. 発表標題 高速株式取引データに対する非線形解析 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山崎 凌 |
| 2. 発表標題 ゼロゲートデータ法を用いたカオスMIMOシステムの性能解析 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2018年総合大会講演論文集 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤田実沙 |
| 2. 発表標題 キーバス近傍に基づいたカオスニューラルネットワークによるグラフ的シュタイナー木問題の解法 |
| 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 2017年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 野村 亮太 |
| 2. 発表標題 三遊亭圓生の落語『死神』の非線形時系列解析 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2017年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田 実沙 |
| 2. 発表標題 頂点に基づく局所探索法を使用したカオスニューラルネットワークによるグラフ的シュタイナー木問題の解法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2017年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 石黒 謙 |
| 2. 発表標題 スケールフリー性とクラスタ性が共存するネットワーク上での情報拡散の解析 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2017年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 塩見 優介 |
| 2. 発表標題 数値計算による4台のメトロノームの同期領域の調査 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2017年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 多々良 真弓美 |
| 2. 発表標題 複雑ネットワーク解析による異言語間の比較調査 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2017年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 内木 楓 |
| 2. 発表標題 Izhikevichニューロンモデルにおけるノイズ電流印加による信頼性の上昇 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2017年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 船木 怜央成 |
| 2. 発表標題 メトロノームにおける有色ノイズによる共通ノイズ同期現象 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会2017年ソサイエティ大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Misa Fujita |
| 2. 発表標題 Solving the Steiner Tree Problem in Graphs by Chaotic Neural Network using Key Path Neighborhood |
| 3. 学会等名 The 12th Metaheuristics International Conference(MIC 2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kantaro Fujiwara |
| 2. 発表標題 Mathematical Model of TRPM2 Activation in Pancreatic β -cells |
| 3. 学会等名 2017 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Misa Fujita |
| 2. 発表標題 Evaluation of the performance of the chaotic neural network for solving the Steiner tree problem in graphs with incidence costs |
| 3. 学会等名 2017 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Mayu Aoki |
| 2. 発表標題 Effect of connectivity weights of inhibitory neurons in neuronal avalanches |
| 3. 学会等名 2017 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|-----------------------------|
| 1. 発表者名 塩見 優介 |
| 2. 発表標題 メトロノーム数が同期に与える影響 |
| 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 |

| |
|------------------------------|
| 1. 発表者名 青木 舞優 |
| 2. 発表標題 神経活動リズムと神経雪崩現象の関係 |
| 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 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 頼 さくら |
| 2. 発表標題 ドーパミンの作用と抑制性シナプスの学習による低周波リズムの生成 |
| 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 | 島田 裕 (Shimada Yutaka) (50734414) | 埼玉大学・理工学研究科・助教 (12401) | |