様　式　C－１９、F－１９－１、Z－１９　（共通）

科研費
KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　２ 年　 ６ 月 １１ 日現在

機関番号：３３９１０
研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）
研究期間：2015～2019
課題番号：１５H０５８７８

研究課題名（和文）ネットワーク自己再組織化の数理的基盤の創成

研究課題名（英文）Exploration of mathematical Basis of Self-reorganization of Neural Networks

研究代表者
津田　一郎（TSUDA, Ichiro）

中部大学・創発学術院・教授

研究者番号：１０２０７３８４

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　47,000,000円

研究成果の概要（和文）：脳の病態を非線形振動子ネットワークの異常ととらえ、特にてんかん患者の脳波の異常発振とレビー小体型認知症の複合型視覚性幻覚に対するバイオマーカーを提案することを目標にした。拘束条件付き自己組織化理論を構築し、ミクロとマクロのニューロフィードバックを実現する計測システムをネコなどの動物で構築した。これらの理論的基盤、実験的基盤に基づき、てんかん患者の脳波データを複雑系解析し、少数自由度力学系の出現、パワースペクトル揺らぎの減少をバイオマーカーとして提案した。また、視覚性幻覚に関する数理モデルを構築しネットワークの自己再組織化過程においてネットワーク病としてのシナプス学習異常を発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
てんかん患者の脳波データの数理解析によっててんかん発作直前と発作間欠期の脳波異常を定量化し、てんかん発作のバイオマーカーとなりうる指標を提案したところに学術的意義とともに社会的インパクトがある。また、レビー小体型認知症患者が経験する人や動物などの視覚性幻覚の神経機構として、拘束条件の下での自己再組織化過程における注意異常とともにシナプス学習異常を提案したことは学術的意義が高く、ネットワーク病態の一つを明らかにしたという意味において社会的意義が高い。さらに、脳と環境とのニューロフィードバック系を確立したことは、ブレイン・マシーンインターフェイス研究に大きなインパクトを与え、学術的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：We aimed to propose bio-markers for epileptic seizures and also for complex visual hallucinations that patients of dementia with Lewy bodies can see. For this purpose, we established a mathematical theory for self-organization with constraints, and neuro-feedback systems with animals, which detect circular causality between microscopic and macroscopic states of neural activity by means of interactions with environment. Based on these theoretical and experimental frameworks, we found the appearance of dynamical systems with a few degrees of freedom and reduction of fluctuations of power spectrum, which can be bio-markers of epileptic seizures. We also found abnormal synaptic learning in self-reorganization processes, which can provide a neural mechanism of network diseases.

研究分野：応用数学

キーワード：拘束条件付き自己組織化　てんかん脳波　ニューロフィードバック　カオス力学系　パワースペクトル
ゆらぎ　相互情報量　最適化問題

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）
１．研究開始当初の背景

<u>津田グループ</u>
　本研究開始時における 3 研究課題のそれぞれの状況は以下のようなものであった。
（１）　ネットワーク病
脳の病態は遺伝子かその表現型としてのタンパク質に原因があるとされていた。典型的な例は遺伝病としてのハンチントン舞踏病、アミロイドβやタウタンパクの蓄積によるアルツハイマー病、ドーパミン欠乏によるパーキンソン病、そしてレビー小体という円形のタンパク質の蓄積によるレビー小体型認知症などが知られていた。これらは関連物質を原因物質として認識し、それら物質の除去によって治療可能だと理解されていた。また、てんかんに関しては特別な物質ではなく、興奮性ニューロンと抑制性ニューロンのバランスが崩れることやグリア細胞の異形分化､神経細胞やグリア細胞のレセプターの異常などによる異常発振が原因だとされていた。ところが、例えばドーパミンを増やす L ドーパの投与によってパーキンソン病症状は一時的に回復するものの、ある程度の投与ののち悪化に転じることが繰り返され、また蛇毒などをもとにした薬剤の投与においても類似の悪化傾向をたどることが分かっていた。すなわち、これら物質は原因物質ではなく、関連物質あるいは病態が進んだ結果として現れる進行後物質であることがある程度予想され始めていた。このような状況下で本新学術領域においては、脳の病態が神経とグリア細胞のネットワーキングの何らかの欠損によるダイナミックな疾患であると考え、ネットワーク病としてその可能性を研究することになった。
（２）　拘束条件下での神経ネットワークの自己再組織化の数理的解析
乳児から成人に至る脳神経系の発達過程は古くから知られ､継続的な研究がおこなわれている。本研究の開始時期には胎児の脳神経系の発達過程についてもある程度知られるようになっていた。しかしながら、それらは全て現象論であり、どのような神経機構によってランダムな神経ネットワークがフィードバック回路を含んだフィードフォワード型のネットワークに構築されていくのか、また構造的には階層型ではないにもかかわらずなぜ機能が階層化するのかという疑問に答えられるような数理モデルは存在しなかった。ネットワーク病との関係では、ネットワークの一部が欠損した時の修復過程において、古くは猫の脳幹や視覚野における再組織化の事例が知られていたが、その神経機構に関してはスパインの構造変化や軸索の分枝によるつなぎ替えなどが知られていた。しかしながら、それらの再組織化の機構や病態との関係は明らかではなかった。
（３）振動的神経活動の統計的解析および機能的意味の検討
神経回路の振動現象は知られていたが、それらはてんかん発作やパーキンソン病の震顫などに見られるように脳の病態として捉えられてきた。しかしながら、振動的神経活動は周期が決まったリミットサイクルではなく、揺らぎを伴うものやさらにはカオス的なものまであり、脳の正常な機能との関係はいくつかの仮説が提案されていたが明確な証拠は示されていなかった。

<u>伊藤グループ</u>
本研究開始時における研究課題（２）と（３）のそれぞれの状況は以下のようなものであった。
（２）皮質活動における可塑性や学習においては、外部からのマクロな拘束（報酬など）に対してミクロな細胞集団の活動が適応的に変化する現象が普遍的に存在する。近年その臨床応用が注目されている Brain Machine Interface(BMI)や Neuron Operant Conditioning (NOC)は脳の適応的変化の基盤研究における強力な実験系を提供すると考えられている。最初の NOC 研究は 60 年代後半に Fetz が行った覚醒サル運動皮質細胞の発火頻度と報酬の間に設定した closed loop feedback による活動度の上昇の観察である。70 年代にはヒト脳波を用いた非侵襲的バイオフィードバック実験が開始され、ガンマ波の増強による知覚課題能力の向上などが報告されている。その後もヒト脳波を用いたバイオフィードバック実験は継続されており、近年の QEEG(Quantitative EEG)研究におけるデータ解析手法の発展により研究分野として確立し、各種の神経疾患（てんかん、脳梗塞による運動障害など）の予防やニューロリハビリテーションへの応用が研究されている。一方、侵襲実験においては 90 年代に数十～百個程度の細胞活動の同時記録が可能となり、覚醒サルの運動皮質の細胞集団活動からロボットアームなどの制御を行う BMI が大きな注目を集めている。しかし、BMI 技術の応用面が重視される傾向があり、この実験系での基盤原理である「マクロなフィードバックのみから、それと因果関係を持つ細胞を特定して、適応的な特性の変化を生じさせるミクロな過程が存在する」という脳の数理基盤(credit assignment problem)の理解を目指す研究は少ない。伊藤と圓山(連携研究者) は麻酔下ネコの視覚皮質から多細胞同時記録を行い、細胞間の発火数相関が刺激依存性を示すことから、発火数相関は解剖学的結合による固定的な特性であるとする従来の見解ではなく、細胞が属するネットワークのダイナミクスを反映した文脈依存の状態変数であると結論した(Maruyama & Ito 2013)。最近になり BMI 研究でも細胞集団活動の適応的変化において、発火数相関による相空間内の拘束を考慮する拡張が試みられている。適応的変化には膨大な細胞活動の組み合わせの探索が必要であるが、Sadtler ら(2014)はサル運動皮質での相空間内での探索が発火数相関で限定される自由度の低い内因性多様体(intrinsic manifold)の上で生じることで、短時間での収束が可能となることを議論した。ミクロレベルでの皮質細胞活動の適応的変化の理解のためには、環境変数によるマクロレベルの拘束のみならず、皮質の神経ネットワーク自

身が有する endogenous な相関構造による拘束も考慮する必要があると考えられる。
（3）80 年代後半に Gray & Singer や Eckhorn らによって視覚皮質で報告された刺激文脈依存性の同期振動発火（ガンマ振動）は大きな関心を集め、振動的神経活動の機能的意味の検証を目指した数多くの実験研究が行われたが、神経活動という物理現象と知覚・認知機能との相関関係を示すことは出来ても、因果関係を証明するには至っていない。複数細胞の時空間活動と機能との因果関係を証明するためには、ミクロレベルでの細胞活動の変化に対してマクロレベルの環境変数（報酬など）と直接の相互作用が設定可能な実験系である BMI や NOC が有効である。

２．研究の目的

<u>津田グループ</u>
脳神経系の発達過程における神経ネットワークの構築を自己再組織化ととらえ、拘束条件付き自己組織化理論を構築するとともに、機能分化に関する数理モデルを提案する。この基礎理論をもとに、レビー小体型認知症患者が典型的に経験する複合型視覚性幻覚の神経機構を解明し、てんかん患者の脳波の数理解析に基づきてんかん発作に対するバイオマーカーを提案する。複合型視覚性幻覚に関してはニューカッスル大学の D.コラトン教授らと、またてんかん脳波解析に関しては A 班の池田昭夫教授グループと共同研究を行う。

<u>伊藤グループ</u>
各課題に関して次の目的で研究を行った。
（2）①NOC 実験システムの構築と準備的実験の開始
環境変数による拘束下での皮質細胞の時空間活動の適応的変化の理解のためには NOC 実験が有効である。ネコ視覚皮質の細胞集団活動をターゲットとした NOC のシステム構築を目的とする。
②BMI および NOC 研究における皮質活動の適応的変化の統一的理解
環境変数との closed loop feedback により細胞活動の適応的変化がどのように生じるのかに関して、報告されている実験報告と数理モデルを整理し、統一的な理解を試みる。特に神経ネットワーク自身が有する endogenous な相関構造による拘束である内因性多様体(intrinsic manifold)の神経ダイナミクス・力学系としての意味付けに関して議論を行う。
（3）複数細胞の活動の時空間パターンと機能との因果関係の探求のために、研究課題（2）でも挙げた NOC の実験系の構築を進め、準備的な実験を開始する。また、BMI および NOC 実験では同時記録された複数細胞の活動パターンからの情報デコーディングが基盤となる。NOC 実験システムの構築と並行して、以下の基盤研究も実施する。①異なる特性を持つ細胞を広範囲に記録するための配列型電極の設計、②多細胞データからの情報デコーディングモデルの開発、③細胞間の発火数相関の計算における非定常変動による偽相関の分離解析法の開発。

３．研究の方法

<u>津田グループ</u>
各課題に関して次の方法で研究を行った。
（1）　複合型視覚性幻覚の神経機構として提案されているものは次の二つである。①注意機構の欠如、②後頭葉視覚やから前頭葉への長距離神経軸索の一部の欠損。このそれぞれに対して次のような方法で研究した。
① ホジキン・ハクスレー型の神経モデルにおけるアセチルコリンリセプター、特にニコチンリセプターの異常をモデルに取り込む。
② 視覚入力部、文脈部、視覚イメージ部の三層構造からなるニューラルネットモデルを構築し、視覚入力部から文脈部への入力の一部に障害が生じたときの効果を調べる。
（2） 拘束条件付き自己組織化理論を変分問題として定式化し、具体的なニューラルネットや力学系ネットワークの最適化問題として実現する。
（3） てんかん脳波に対して複雑系解析として知られている埋め込み、エントロピー解析、フーリエ解析、動的モード分解などを使って、発作時、発作間欠期それぞれに対して発作の前駆現象をとらえる。

<u>伊藤グループ</u>
各課題に関して次の方法で研究を行った。
（2）①覚醒ラットおよび覚醒ネコの視覚皮質に慢性的に埋め込んだ配列電極から複数の細胞のスパイク活動を同時記録する実験システムを構築する。具体的には以下の要素の開発と検証を行う：慢性記録用の tetrode 電極配列、覚醒ネコの視線計測システム、覚醒ネコの注視課題訓練システム、複数細胞の同時記録とリアルタイムスパイク弁別、複数細胞の特定活動パターンの検出とリアルタイムでの報酬フィードバック。②BMI と NOC でのパラダイムの相違、報告されている代表的な実験報告を調査し、共通する特性および相矛盾する結果を論理的に整理する。相矛盾する結果には、統一的な視点から不整合の理由の検討を行う。内因性多様体とい

う概念により細胞集団活動の適応的変化に一貫した理解が得られるか検討する。
（３）①伊藤と圓山(連携研究者)が麻酔下ネコの視覚皮質から 2 種類の配列型電極を用いて同時記録した多細胞活動データを統計解析し、細胞の最適方位の分散を circular variance を用いて定量化･比較し､異なる特性を持つ細胞の広範囲な記録に適する配列型電極のデザインを検討する。②視覚皮質から記録した多細胞活動データから、提示された視覚刺激の方位を推定するデコーディングモデルの構築を行う。特に細胞間の発火数相関の刺激方位依存性を取り込んだデコーディングモデルの有効性の検証のため、発火数相関を共分散行列とした多次元ガウスモデルを適用し、ベイズ推定によりデコーディングを行う。③視覚皮質の細胞間には有限の発火数相関が存在するが（Maruyama and Ito, 2013)、細胞活動データの一部では記録期間中に生じる発火数の非定常な時間変動のために適切な発火数相関の計算が出来ないケースが存在していた。発火数の非定常変動による偽の発火数相関を分離し、真の発火数相関を評価する方法を構築する。

４．研究成果

津田グループ
各課題に関して以下のような成果が上がった。
（1）　ホジキン・ハクスレー型のニューロンモデルのネットワークを考え、アセチルコリンが減少した効果を取り入れることで、あらかじめ構築したインデックス情報と視覚パタンの対が変化することを観察した。これは注意の減弱により文脈情報とペアーとして学習した視覚像とは異なる視覚像の出力を意味し、幻覚様の結果と解釈される。次に、視覚入力部、文脈部、視覚イメージ部の三層ニューラルネットワークにおいて、視覚入力部から文脈部への結合の一部が減弱、または切断された時の文脈とイメージの対応の変化を調べた結果、相互情報量最大化という拘束条件の下での自己再組織化において、減弱部分あるいは切断部分ではない部分の再組織化が異常に増強されることが分かった。その結果、文脈のペアーとして記憶されていたイメージとは異なるイメージが出力され、これが幻覚の一要因ではないかと推測される。
（2）　拘束条件付き自己組織化をアンドロノフ・ポントリャーギン流の最適化問題として捉えると、力学としてはバコノミック力学になる。そこでは、ラグランジュ未定定数に関する微分方程式が追加されることにより相空間の次元は二倍に拡大され、一般に拡大された次元方向に不安定になるが、うまく制御項を調整することで目標を達成することができる。言い換えれば、目標を達成するための初期値集合を求める問題に帰着できる。類似の方法を関数空間の部分空間からランダムに関数を取り出し力学系を構成し、そのネットワークに外部時系列入力を与え、外部入力とネットワーク要素との相互情報量最大化という拘束条件を与えて、ネットワークを発展させると、要路力学系がスパイキングニューロン的な興奮系に分化したり、グリア細胞のような振動型や受動型の力学系に分化した。これは生物進化でなぜニューロンが進化してきたかという疑問に対する数理モデルからの回答でもある。
（3）　てんかん脳波の時系列に対して、DC シフト頂点近傍と１３０HZ を中心とする高周波発振において、時系列の埋め込みを行ったところ、トーラス的な様相が現れ、その回転角度方向の一次元写像は変形サークルマップになることを発見した。また、パワースペクトルが高周波成分に向かってべき的に減衰するが、ブラウン運動の場合はべきは2である。DC シフトや発作間欠期の red シフトでのパワースペクトルのべきは 2 より小さくなるので、何らかの秩序があると思われる。さらに、このべき的減衰におけるパワーの揺らぎに着目した。DC シフトや発作間欠期の red シフトにおいて、パワーの揺らぎが極端に減少することを発見した。以上のように、発作時の高周波成分出現期と発作に至る発作間欠期の一部における小数自由度力学系の存在、パワースペクトルのパワーの揺らぎの減少は発作に対するバイオマーカーとして採用してよいと結論した。

伊藤グループ
各課題に関して以下の研究成果を得た。
（2）①伊藤と森(研究員)は視覚皮質での細胞集団活動をターゲットとした NOC 実験のために、注視課題訓練システム、視線計測システム、記録用埋め込み電極の開発を行い、実際の記録実験の準備を進めた。具体的には、覚醒ネコの注視課題訓練システムを開発し、2 匹のネコに対して訓練を行った。また、赤外線カメラによる視線計測システムの開発も合わせて行った。さらに、頭骨内に収まる微小サイズの記録用電極マニピュレータの開発を検討し、試作品の作成を行った。この小型電極マニピュレータの完成により、容易かつ高精度に電極深度の変更が可能となった。覚醒ネコを用いた本格的な NOC 実験の準備段階として、tetrode 電極配列をラット視覚皮質に埋め込み、皮質活動に含まれるガンマ波成分のパワーに応じてリアルタイムで報酬を与える closed loop feedback システムを完成し、NOC 実験を開始した。慢性的に埋め込んだ電極からの長期間に渡る安定した細胞活動記録を実現するために、異なる種類の tetrode 電極の適用を試みた結果、極細の電極線 4 本を振って作成する tetrode 電極が有効であることが分かった。②伊藤と森は C02 班の神作と藤木との共著で BMI および NOC 研究の概説論文を発表した(Ito,

Mori, Fujiki and Kansaku, 2020)。この研究分野の代表的実験の方法及び結果を統一的に解釈する試みを行い、細胞活動間の内因性の相関構造(内因性多様体)の存在により細胞集団活動の適応的な自己再組織化が拘束される枠組みを整理した。短期的な適応的変化では内因性多様体による拘束を受けるが、長期的な適応的変化では神経ネットワークの解剖学的結合の再組織化により内因性多様体の変形・拡張が生じると解釈できる。適応的変化の神経メカニズムを説明する数理モデルでは、ミクロな細胞の活動変化の方向とマクロな報酬量の変化との共分散を用いた Hebb 学習を基盤としており、これは強化学習のモデルと同じである。さらに、適応のための探索においては、神経ノイズの一時的な増加による探索空間の拡張を共通の基盤としている。
（３）①伊藤と圓山は配列型電極を用いたネコ視覚皮質からの多細胞活動データを解析し、同時記録された細胞の方位選択性の分布を circular variance を用いて定量化した。Optical imaging で記録された Orientation map データを元にしたシミュレーション記録実験を合わせて行い、実際の生理実験データとの統計比較を行った(Maruyama and Ito, 2017)。視覚皮質では異なる方位選択性の細胞が皮質表面上で空間的に分布しているが、pinwheel と呼ばれる構造の周辺では、異なる方位選択性細胞が密に分布している。このため、空間的な局所において多数の細胞を同時記録できる tetrode 電極からなる配列電極の方が、多数の microelectrode を密に配列させた電極よりも効率的に異なる方位選択性細胞の活動を記録できることが判明した。BMI や NOC では多細胞活動からの情報デコーディングが重要な鍵を握っているが、tetrode 電極の配列型電極を用いて特性の異なる細胞を出来るだけ均一に記録することにより、効率的な情報デコーディングが可能となる。②伊藤、森と幸野（大学院生）は視覚皮質から記録した多細胞活動データから、提示された視覚刺激の方位を推定するデコーディングモデルの構築を行った。各刺激方位に対する 40 試行の活動パターンベクトルの分布を多次元ガウスモデルで近似して、交差検定において尤度に基づくベイズ推定を行った。モデルに用いる細胞数を増やすことでチャンスレベルに比べて十分に高い正答率が得られることが示された。しかし、発火数相関の刺激依存性を取り入れたモデルは無相関モデルよりも推定能力が低いことが判明した。これは、多次元ガウスモデルの共分散行列に刺激依存性を取り入れるために、無相関モデルに比べてモデルパラメータが増大し、40 試行のデータでは過学習を生じやすくなることが原因であることが解明された。有限の発火数相関の取り込みとモデルパラメータ数の削減の折衷案として、発火数相関の刺激依存性を無視したモデルが有効であった。また、特徴次元の削減の為に主成分分析や線形判別分析の適応は有効であることが示された。③伊藤と圓山は高橋、三浦（関西学院大学）と共同研究し、発火率の非定常性変動に伴う irrelevant な細胞間の発火数相関を除外し、神経活動に起因する relevant な発火数相関のみを評価する統計的手法を情報幾何学の方法を用いて開発した（Takahashi et al. 2019)。

上記の 3 研究課題の遂行と並行して領域全体への貢献として以下の活動も行った。
（４）神経活動記録データのデータベース共有に関する国際的な情報交換
本領域の目的の一つである神経活動記録データベースの推進に関して海外の研究者を招いて 3 回のワークショップを開催し、ヨーロッパと日本での状況に関しての情報交換を行った。①神経データ解析ワークショップ(2016 年 2 月 22 日)を京都大学附属病院で開催した。ドイツより Julich 研究所の Sonja Gruen 教授と伊藤淳司博士を招聘し、講演を依頼した。また、国内の複数の研究者に当該領域に関連する研究の発表を依頼した。領域の研究テーマである振動的な脳活動の解析法および神経データのデータベースの構築に関して、多くの有意義な議論を行った。理論系の研究者と臨床実験系の研究者の相互理解を促進することが出来、その後の共同研究の下地を作ることに貢献した。②J-Node & G-Node joint meeting on the standard for Data sharing(2016 年 5 月 30 日)を理化学研究所 BSI で開催した。ドイツ G-Node でデータ共有のための標準化プロジェクトを推進する Thomas Wachtler 教授の来日を機に日本の J-Node との共同開催で情報交換を行った。伊藤が司会を務め、G-Node のメンバーによるデータ共有のための標準化プロジェクトの現状に関して詳細な説明を受けた。本領域でデータ共有推進に携わる研究者も参加して、具体的な標準化仕様に関して有意義な意見交換を行った。③神経ダイナミクスミニワークショップ(2019 年 10 月 15 日)をドイツ Julich 研究所の Sonja Gruen 教授の講演を中心に京都大学清風荘で開催した。Gruen 教授はサル運動皮質から記録した多細胞データに含まれる高次相関に関しての新たな解析方法の説明およびヨーロッパ、ドイツでのデータ共有の現状に関して講演を行った。また、同伴して来日した Markus Diesmann 氏は皮質活動の全脳シミュレーションの現状に関しての講演を行った。さらに３名の若手研究者が自身の研究に関してショートトークを行った。理論と実験の双方の研究者から活発な質問があり、有意義な議論を行うことが出来た。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計26件（うち査読付論文　21件／うち国際共著　2件／うちオープンアクセス　2件）

１．著者名 Watanabe Hiroshi, Ito Takao, Tsuda Ichiro	４．巻 -
２．論文標題 A mathematical model for neuronal differentiation in terms of an evolved dynamical system	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Neuroscience Research	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） 10.1016/j.neures.2020.02.003	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 H.Ito, S.Fujiki, Y.Mori, K.Kansaku	４．巻 -
２．論文標題 Self-reorganization of neuronal activation patterns in the cortex under brain-machine interface and neural operant conditioning	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Neuroscience Research	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） 10.1016/j.neures.2020.03.008	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 物部太夢、伊藤浩之	４．巻 NC2019-83
２．論文標題 認知課題において視線情報がミラーニューロンシステムに及ぼす影響	５．発行年 2020年
３．雑誌名 電子情報通信学会信学技報 IEICE Technical Report	６．最初と最後の頁 11-16
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 NARA Shigetoshi, FUJII Hiroshi, TSUKADA Hiromichi, TSUDA Ichiro	４．巻 -
２．論文標題 A three modules scenario in an interpretation of visual hallucination in dementia with Lewy bodies and preliminary results of computer experiments	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, 2019	６．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/IJCNN.2019.8851916	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 Namiki Takao, Tsuda Ichiro, Tadokoro Satoru, Kajikawa Shunsuke, Kunieda Takeharu, Matsumoto Riki, Matsuhashi Masao, Ikeda Akio	4．巻 -
2．論文標題 Mathematical structures for epilepsy: High-frequency oscillation and interictal epileptic slow (red slow)	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Neuroscience Research	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） 10.1016/j.neures.2019.11.008	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 Nara Shigetoshi, Soma Ken-ichiro, Yamaguti Yutaka, Tsuda Ichiro	4．巻 -
2．論文標題 Constrained chaos in three-module neural network enables to execute multiple tasks simultaneously	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Neuroscience Research	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） 10.1016/j.neures.2019.11.009	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 津田一郎	4．巻 74-6
2．論文標題 複雑系―物理学の新しい地平	5．発行年 2019年
3．雑誌名 日本物理学会誌	6．最初と最後の頁 384-385
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11316/butsuri.74.6_384	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 Takahashi Toshiyuki、Maruyama Yoshiko、Ito Hiroyuki、Miura Keiji	4．巻 6 (1) ENEURO.0395-18.2019
2．論文標題 Assessing the impacts of correlated variability with dissociated timescales	5．発行年 2019年
3．雑誌名 eneuro	6．最初と最後の頁 0395～18.2019
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1523/ENEURO.0395-18.2019	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 幸野怜歩、森理也、伊藤浩之	4．巻 NC2018-76
2．論文標題 ネコ視覚皮質での多細胞活動を用いた刺激方位推定　－発火数相関の効果－	5．発行年 2019年
3．雑誌名 電子情報通信学会信学技報　IEICE Technical Report	6．最初と最後の頁 175-180
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 伊藤浩之、青柳富誌生	4．巻 第３３巻第４号
2．論文標題 非線形物理学からみたニューラルネットワークの学習	5．発行年 2018年
3．雑誌名 学会誌「人工知能」	6．最初と最後の頁 403-411
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 Ichiro Tsuda	4．巻 Vol.25, No.1-2
2．論文標題 Finding mathematics in Brain Dynamics: Walter Freeman as an Applied Mathematician	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Journal of Consciousness Studies	6．最初と最後の頁 121-130
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 Takao Namiki and Ichiro Tsuda	4．巻 －
2．論文標題 Mathematical Structures in the Brain Dynamics of Epilepsy	5．発行年 2017年
3．雑誌名 Advances in Neuroinformatics 2017	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） 10.14931/aini2017.osiv.4	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 Ichiro Tsuda	４．巻 -
２．論文標題 Computational theory for constrained self-organization in neural systems and its applications	５．発行年 2017年
３．雑誌名 Advances in Neuroinformatics 2017	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） 10.14931/aini2017.kl.3	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 Yoshiko Maruyama and Hiroyuki Ito	４．巻 122
２．論文標題 Design of multielectrode arrays for uniform sampling of differently orientations of tuned unit populations in the cat visual cortex	５．発行年 2017年
３．雑誌名 Neuroscience Research	６．最初と最後の頁 51-63
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neures.2017.04.004	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 Ichiro Tsuda, Yutaka Yamaguti, Hiroshi Watanabe	４．巻 18(3)
２．論文標題 Self-Organization with Constraints―A Mathematical Model for Functional Differentiation	５．発行年 2016年
３．雑誌名 Entropy	６．最初と最後の頁 74:1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/e18030074	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 Daniel Collerton, John-Paul Taylor, Ichiro Tsuda, Hiroshi Fujii, Shigetoshi Nara, Kazuyuki Aihara, Yuichi Katori	４．巻 Vol.23, No.7-8
２．論文標題 How Can We See Things That Are Not There?: Current Insights into Complex Visual Hallucinations	５．発行年 2016年
３．雑誌名 Journal of Consciousnes Studies	６．最初と最後の頁 195-227
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 該当する

1．著者名 Ichiro Tsuda	4．巻 V
2．論文標題 Self-organization of a Second Kind: General Scope and a Cortical Case Study	5．発行年 2016年
3．雑誌名 Advances in Cognitive Neurodynamics (V) Proceedings of the 5th International Conference on Cognitive Neurodynamics 2015	6．最初と最後の頁 13-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-981-10-0207-6	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 Ichiro Tsuda	4．巻 V
2．論文標題 On the Role of Chaotic Neural Activity in a Priori Concept of Time	5．発行年 2016年
3．雑誌名 Advances in Cognitive Neurodynamics (V) Proceedings of the 5th International Conference on Cognitive Neurodynamics 2015	6．最初と最後の頁 723-725
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-981-10-0207-6	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 Hiromichi Tsukada, Minoru Tsukada, Ichiro Tsuda	4．巻 V
2．論文標題 A Concept of Spatiotemporal Attractors	5．発行年 2016年
3．雑誌名 Advances in Cognitive Neurodynamics (V) Proceedings of the 5th International Conference on Cognitive Neurodynamics 2015	6．最初と最後の頁 749-753
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-981-10-0207-6	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 Hiromichi Tsukada, Ichiro Tsuda	4．巻 V
2．論文標題 Memory Retrieval by Means of Frequency Division Multiplexing	5．発行年 2016年
3．雑誌名 Advances in Cognitive Neurodynamics (V) Proceedings of the 5th International Conference on Cognitive Neurodynamics 2015	6．最初と最後の頁 755-760
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-981-10-0207-6	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 Hiromichi Tsukada, Hiroshi Fujii, Kazuyuki Aihara, Ichiro Tsuda	4．巻 62
2．論文標題 Computational model of visual hallucination in dementia with Lewy bodies	5．発行年 2015年
3．雑誌名 Neural Networks	6．最初と最後の頁 73-82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neunet.2014.09.001	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 Ichiro Tsuda	4．巻 31
2．論文標題 Chaotic itinerancy and its roles in cognitive neurodynamics	5．発行年 2015年
3．雑誌名 Current Opinion in Neurobiology	6．最初と最後の頁 67-71
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.conb.2014.08.011	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 Ichiro Tsuda	4．巻 Chapter 17
2．論文標題 Logic dynamics for deductive inference — Its stability and neural basis	5．発行年 2015年
3．雑誌名 Chaos, Information Processing and Paradoxical Games: The legacy of John S Nicolis	6．最初と最後の頁 355-373
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1142/9789814602136_0017	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 Rubin Wang, Ichiro Tsuda, Zhikang Zhang	4．巻 25
2．論文標題 A New Work Mechanism on Neuronal Activity	5．発行年 2015年
3．雑誌名 International Journal of Neural Systems	6．最初と最後の頁 1450037-1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1142/S0129065714500373	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 木村　拓哉，奥田　次郎	４．巻 115
２．論文標題 金銭的動機が反応促進に与える効果の検討 －課題成績と脳波の分析－	５．発行年 2015年
３．雑誌名 信学技報	６．最初と最後の頁 13-18
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 中西　航平，奥田　次郎	４．巻 115
２．論文標題 簡易脳波計による脳波情報の弁別精度の検討	５．発行年 2015年
３．雑誌名 信学技報	６．最初と最後の頁 19-24
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69件（うち招待講演　49件／うち国際学会　23件）

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 機能分化の発展力学系
３．学会等名 JAISTセミナー（招待講演）
４．発表年 2020年

１．発表者名 H.Ito, Y.Mori
２．発表標題 Decoding of stimulus orientations by neuron populations in Cat visual cortex -Contribution of spike count correlation-
３．学会等名 The 6th CiNet Conference: Brain-Machine Interface - Medical Engineering based on Neuroscience（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 物部太夢、伊藤浩之
２．発表標題 認知課題において視線情報がミラーニューロンシステムに及ぼす影響
３．学会等名 電子情報通信学会NC研究会
４．発表年 2020年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 機械から生命へいたる拘束条件付き自己組織化
３．学会等名 RIMS共同研究（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 変分原理による脳の機能分化の条件
３．学会等名 RIMS共同研究（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 自律・創発・汎用アーキテクチャ
３．学会等名 第33回人工知能学会全国大会（OS-4パネル討論セッション）（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名
津田　一郎

２．発表標題
A dynamical principle of functional differentiation: a mathematical point of view

３．学会等名
International Joint Conference on Neural Networks 2019（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2019年

１．発表者名
S.Nara, H.Tsukada, H.Fujii, and I.Tsuda

２．発表標題
A three-module scenario in an interpretation of visual hallucination in dementia with Lewy bodies and preliminary results of computer experiments

３．学会等名
International Joint Conference on Neural Networks 2019 (IJCNN2019)（国際学会）

４．発表年
2019年

１．発表者名
津田　一郎

２．発表標題
拘束条件付き自己組織化と機能分化

３．学会等名
幼・小児の成長期における脳機能の発達に関する多領域共同研究（招待講演）

４．発表年
2019年

１．発表者名
I.Tsuda

２．発表標題
Mathematical modelling for functional differentiation

３．学会等名
Dynamic Brain Forum II, The 7th International Congress on Cognitive Neurodynamics (ICCN2019)（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2019年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 拘束条件付き自己組織化の典型例としての脳の機能分化とその数理モデル
３．学会等名 岐阜数理科学研究会（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名 I.Tsuda
２．発表標題 An exploration of the principle of functional differentiation in the brain: mathematical models.
３．学会等名 International Symposium on Oscillology（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 脳の機能分化の神経機構解明のための変分原理による発展力学系
３．学会等名 「力学系の視点からの脳・神経回路の理解」生理学研究所研究会（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 脳と心の創発について
３．学会等名 早稲田大学理工学部表現工学科セミナー（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名
I.Tsuda

２．発表標題
A dynamical principle of functional differentiation in the brain: A mathematical point of view

３．学会等名
OIST seminar in Tani Lab.（招待講演）

４．発表年
2019年

１．発表者名
桜田一洋、津田一郎、石原正康、森村繭子

２．発表標題
心とは何かから考える知性としての「健康」

３．学会等名
理研横浜シンポジウム（招待講演）

４．発表年
2019年

１．発表者名
Y.Mori, H.Ito

２．発表標題
Development of multi-tetrode array with integrated miniature manipulator derive

３．学会等名
42nd Annual meeting of Japan Society of Neuroscience

４．発表年
2019年

１．発表者名
H.Ito, R.Kohno, Y.Maruyama, Y.Mori

２．発表標題
Decoding of stimulus orientations by neuron populations in Cat visual cortex -Contribution of spike count correlation-

３．学会等名
42nd Annual meeting of Japan Society of Neuroscience

４．発表年
2019年

１．発表者名 Ichiro Tsuda
２．発表標題 Emerging interactions yielding functional differentiation
３．学会等名 The 1st International Symposium on Symbiotic Intelligent Systems（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 心はすべて数学である
３．学会等名 数学の創成：生命と社会の理（ことわり）のために（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 Artificial mind, real brain: are they commensurable? Emerging Perspective Program
３．学会等名 互いに矛盾する分散制御と中枢制御の数理神経科学的融合（招待講演）
４．発表年 2019年

１．発表者名 津田　一郎
２．発表標題 複雑系科学からの創発AI－人工の心と現実の脳は対話可能か？
３．学会等名 大阪大学浅田稔教授退職記念国際シンポジウム（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 幸野怜歩、森　理也、伊藤浩之
２．発表標題 ネコ視覚皮質での多細胞活動を用いた刺激方位推定　－発火数相関の効果－
３．学会等名 電子情報通信学会NC研究会
４．発表年 2019年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 創発インタラクション：ダイナミクスが生みだす知の可能性
３．学会等名 シンギュラリティーサロン（東京）（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 創発インタラクション：ダイナミクスが生みだす知の可能性
３．学会等名 シンギュラリティーサロン（大阪）（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 創発インタラクションの可能性：脳科学に基づく創発型人工知能を目指して
３．学会等名 第32回人工知能学会オーガナイズドセッション「自律・創発・汎用AIアーキテクチャー」（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 創発インタラクションの意義：機能分化に対する変分原理と数理モデル
３．学会等名 全脳アーキテクチャー勉強会（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 Ichiro Tsuda
２．発表標題 Science of complex systems: mathematical point of view
３．学会等名 Chubu University International Conference on Seeking for a New Conception of Science: The Future of Scientific Culture in East Asia（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 脳と心の創発インタラクションと発達：人工の心と自然の脳は対話可能か
３．学会等名 日本発達神経科学学会第７回学術集会（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 拘束条件付き自己組織化理論の展開：脳神経ダイナミクスと創発AI
３．学会等名 関西医科大学大学院講座（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名
津田一郎

２．発表標題
拘束条件付き自己組織化：その枠組みと脳の機能分化への応用

３．学会等名
物理学会九州支部例会（招待講演）

４．発表年
2018年

１．発表者名
津田一郎

２．発表標題
拘束条件の意味と具体化

３．学会等名
RIMS共同研究「Mathematical Analysis of Self-organization with Constraints」

４．発表年
2018年

１．発表者名
梶川駿介、松橋眞生、小林勝哉、人見健文、大封昌子、山尾幸広、菊池隆幸、吉田和道、國枝武治、行木孝夫、津田一郎、松本理器、高橋良輔、池田昭夫

２．発表標題
発作時直流緩電位（Ictal DC shifts）の類型化の試み：時定数10秒と2秒の比較とクラスター解析の試み

３．学会等名
日本臨床神経生理学会学術集会

４．発表年
2018年

１．発表者名
T.Takahashi, Y.Maruyama, H.Ito and K.Miura

２．発表標題
Assessing the impacts of correlated V1 activities with different mechanisms

３．学会等名
Society for Neuroscience 2018 Annual meeting（国際学会）

４．発表年
2018年

１．発表者名 Hiroyuki.Ito
２．発表標題 From Heart to Brain－ Exploring Causality in Brain by Brain-Machine Interface.
３．学会等名 Leon Glass and Michael Mackey Diamond Symposium: Nonlinear Mathematics in Medicine and Biology（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 幸野伶歩、森　理也、伊藤浩之
２．発表標題 ネコ視覚皮質での多細胞活動を用いた刺激方位推定　－発火数相関の効果－
３．学会等名 視覚科学フォーラム2018　第22回研究会
４．発表年 2018年

１．発表者名 Ichiro Tsuda
２．発表標題 Toward the interpretation of DLB hallucinations in terms of variational principle
３．学会等名 Neural Mechanisms of the DLB Hallucinations and Mathematical Modelling（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 拘束条件付き自己組織化理論とその脳科学への応用
３．学会等名 TFC Workshop, Emerging Perspective Program「互いに矛盾する分散制御と中枢制御の数理神経科学的融合」（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名
Ichiro Tsuda

２．発表標題
Computational theory for constrained self-organization in neural systems and its applications

３．学会等名
Advances in Neuroinformatics 2017（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2017年

１．発表者名
Takao Namiki, Ichiro Tsuda

２．発表標題
Mathematical Structures in the Brain Dynamics of Epilepsy

３．学会等名
Advances in Neuroinformatics 2017（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2017年

１．発表者名
行木孝夫、田所智、津田一郎

２．発表標題
Mathematical classification of brain dynamics in epilepsy

３．学会等名
第51回日本てんかん学会学術集会

４．発表年
2017年

１．発表者名
津田一郎

２．発表標題
拘束条件付き自己組織化理論とその応用

３．学会等名
第１７回Ｋフォーラム「今のこれからのロボット・人工知能・脳科学」（招待講演）

４．発表年
2017年

１．発表者名 Ichiro Tsuda
２．発表標題 Self-organization with constraints: The significance of invariant manifolds
３．学会等名 ICCN 2017（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2017年

１．発表者名 Ichiro Tsuda
２．発表標題 Constrained self-organization in neural systems
３．学会等名 Computational Principles of the Nervous System: elucidated from the observations of neural population activity（招待講演）
４．発表年 2017年

１．発表者名 Ichiro Tsuda
２．発表標題 Self-organization with constraints and its application to insight into unstable brain activity
３．学会等名 RIMS 共同研究「真に複雑な系における自己組織化の原理の探求」（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2017年

１．発表者名 Ichiro Tsuda
２．発表標題 Self-organization with constraints: Hermeneutics with variational model for visual hallucinations in DLB
３．学会等名 Forum on Cognitive Neuroscience Frontier（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2017年

１．発表者名 行木孝夫
２．発表標題 Finding mathematical structures in the brain dynamics: Theory and its application
３．学会等名 第９４回日本生理学会大会（招待講演）
４．発表年 2017年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 Variational principle, hermeneutics and visual hallucinations
３．学会等名 Brain structure and dynamics in Lewy body disorders with reference to visual hallucinations（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2017年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 Finding math embedded into brain dynamics as universal mind
３．学会等名 脳と心のメカニズム（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2017年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 A role of skew product transformations in the formation of episodic memories: Finding math in the hippocampus dynamic activity
３．学会等名 Chaotic phenomena in mathematical models（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2016年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 ネットワーク自己再組織化における機能分化の数理モデル
３．学会等名 包括脳シンポジウム（招待講演）
４．発表年 2016年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 カオスの数学から読み解く脳と心のダイナミクス―複雑系科学アプローチ
３．学会等名 第一回中部大学創発学術院セミナー（招待講演）
４．発表年 2016年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 創発する心、発達する脳
３．学会等名 発達神経科学学会（招待講演）
４．発表年 2016年

１．発表者名 津田一郎
２．発表標題 心と脳のダイナミクス：数理科学的理解はどこまで進んだか
３．学会等名 第６１回物性若手夏の学校（招待講演）
４．発表年 2016年

１．発表者名
津田一郎

２．発表標題
Self-organization with constraints

３．学会等名
RIMS共同研究（京都大学数理解析研究所・共同研究）（招待講演）

４．発表年
2016年

１．発表者名
Jan Lawereyns

２．発表標題
A dynamic spatio-temporal vector that self-determines the absolute present: Notes from Nishida for consciousness studies

３．学会等名
International conference on Japanese philosophy opening up Japanese philosophy: The Kyoto school and after（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2016年

１．発表者名
伊藤浩之

２．発表標題
Non-stationary and endogenous dynamics of synchronous oscillatory spike activities in the Cat lateral geniculate nucleus

３．学会等名
Mini-symposium of HFO and Oscillology（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2016年

１．発表者名
山口 裕

２．発表標題
情報伝達最大化原理に基づくネットワークの分化

３．学会等名
「非線形・統計力学とその周辺」セミナー

４．発表年
2016年

１．発表者名
山口裕、西田洋司、高橋宗良、ローレンス・ヨハン、津田一郎

２．発表標題
Iterated function systems with dynamic selection probability in the hippocampus

３．学会等名
「非線形発振現 象を基盤としたヒューマンネイチャーの理解」第一回領域会議

４．発表年
2016年

１．発表者名
津田一郎

２．発表標題
自己組織化再考ー第二種自己組織化の可能性

３．学会等名
京都大学基礎物理学研究所研究会「複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る」（招待講演）

４．発表年
2015年

１．発表者名
塚田 啓道，津田 一郎

２．発表標題
複数の周波数帯域の振動を用いた記憶想起の神経回路モデル

３．学会等名
第38回日本神経科学大会

４．発表年
2015年

１．発表者名
津田一郎

２．発表標題
自己組織化再考

３．学会等名
第１４回現象数理学コロキアム（招待講演）

４．発表年
2015年

１．発表者名 ２．伊藤浩之，P. Maldonado，C. M. Gray
２．発表標題 ネコ外側膝状体における同期振動発火の非定常性ダイナミクス
３．学会等名 視覚科学フォーラム第１９回研究会（招待講演）
４．発表年 2015年

１．発表者名 Yuanyuan Wang，Tomoki Hidaka，Yukiko Kawai，Jiro Okuda
２．発表標題 Why cannot control your smartphones by thinking? Hands-free information control system based on EEG
３．学会等名 Innovation in Medicine and Healthcare 2015（国際学会）
４．発表年 2015年

１．発表者名 Guanhong Li，Takeshi Konno，Jiro Okuda，Takashi Hashimoto
２．発表標題 Mirror for communication: The mirror neuron system activity in the formation of symbolic communication systems
３．学会等名 Consciousness and Intention in Economics and Philosophy（国際学会）
４．発表年 2015年

１．発表者名 金野　武司，橋本　敬，李　冠宏，奥田　次郎
２．発表標題 記号コミュニケーションにおける言外の意味の推論に基づく先行的行動価値修正メカニズムの役割
３．学会等名 日本認知科学会第32回大会
４．発表年 2015年

１．発表者名
李　冠宏，金野　武司，奥田　次郎，橋本　敬

２．発表標題
ミラーニューロンシステムの活動と記号コミュニケーションシステムの形成との関係についての脳波研究

３．学会等名
日本認知科学会第32回大会

４．発表年
2015年

１．発表者名
木村　拓哉，奥田　次郎

２．発表標題
金銭的動機が反応促進に与える効果の検討 －課題成績と脳波の分析－

３．学会等名
電子情報通信学会　バイオメトリクス研究会，MEとバイオサイバネティックス研究会，ニューロコンピューティング研究会

４．発表年
2015年

１．発表者名
中西　航平，奥田　次郎

２．発表標題
簡易脳波計による脳波情報の弁別精度の検討

３．学会等名
電子情報通信学会　バイオメトリクス研究会，MEとバイオサイバネティックス研究会，ニューロコンピューティング研究会

４．発表年
2015年

〔図書〕　計11件

１．著者名 津田　一郎（担当：pp.153-157）	４．発行年 2020年
２．出版社 風媒社	５．総ページ数 217(153-157)
３．書名 ARENA2020特別号「新しい科学の考え方を求めて」	

１．著者名 中島秀之、浅田稔、松原仁、橋田浩一、山川宏、栗原聡、松尾豊（津田一郎：pp.238-241担当）	４．発行年 2019年
２．出版社 近代科学社	５．総ページ数 400(238-241)
３．書名 AI事典第3版	

１．著者名 津田　一郎（担当：pp.120-121）	４．発行年 2019年
２．出版社 株式会社リクルート	５．総ページ数 234(120-121)
３．書名 スタディサプリ進路　学問探求BOOK	

１．著者名 Ichiro Tsuda	４．発行年 2018年
２．出版社 Springer Dordrecht Heidelberg New York London	５．総ページ数 407(371-374)
３．書名 Self-organization with constraints — The significance of invariant manifolds.Advances in Cognitive Neurodynamics (VI)	

１．著者名 T. Yano, Y. Goto, T. nagaya, I. Tsuda, and S. Nara	４．発行年 2018年
２．出版社 J. M. Delgado-Garcia etal. eds. Springer Nature Singapore Pte Ltd	５．総ページ数 407(109-117)
３．書名 A pseudo-neuron device and firing dynamics of their networks similar to neural synchronizing phenomena between far local fields in the brain.Advances in Cognitive Neurodynamics (VI)	

１．著者名 津田一郎	４．発行年 2016年
２．出版社 共立出版	５．総ページ数 150
３．書名 脳のなかに数学を見る	

１．著者名 Ichiro Tsuda	４．発行年 2016年
２．出版社 Springer	５．総ページ数 4
３．書名 Studies in Systems, Decision and Control Vol. 39; Cognitive Phase Transitions in the Cerebral Cortex-Enhancing the Neuron Doctrine by Modeling Neural Fields, Chap.20	

１．著者名 Jiro Okuda	４．発行年 2016年
２．出版社 Springer	５．総ページ数 872(207-210)
３．書名 Advances in Cognitive Neurodynamics (V) Two Strategies for Interactive Planning	

１．著者名 Guanhong Li, Takeshi Konno, Jiro Okuda, Takashi Hashimoto	４．発行年 2016年
２．出版社 Springer	５．総ページ数 872(565-572)
３．書名 Advances in Cognitive Neurodynamics (V) An EEG Study of Human Mirror Neuron System Activities During Abstract Symbolic Communication	

１．著者名 津田一郎	４．発行年 2015年
２．出版社 ㈱文芸春秋	５．総ページ数 218
３．書名 心はすべて数学である	

１．著者名 Yuanyuan Wang, Tomoki Hidaka, Yukiko Kawai, Jiro Okuda	４．発行年 2015年
２．出版社 Springer	５．総ページ数 593(553-564)
３．書名 Innovation In Medicine and Healthcare 2015, Smart Innovation, Systems and Technologies 45	

〔産業財産権〕

〔その他〕

津田一郎/複雑系脳科学ーカオス脳理論ー
http://www.isc.chubu.ac.jp/tsuda/
非線形発振現象を基盤としたヒューマンネイチャーの理解
http://www.nips.ac.jp/oscillology/

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	伊藤　浩之 (ITO Hiroyuki) (80201929)	京都産業大学・情報理工学部・教授 (34304)	

6．研究組織（つづき）

	氏名 （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究協力者	奥田　次郎 (OKUDA Jiro)		
研究協力者	山口　明宏 (YAMAGUCHI Akihiro)		
研究協力者	山口　裕 (YAMAGUCHI Yutaka)		
研究協力者	奈良　重俊 (NARA Shigetoshi)		
研究協力者	行木　孝夫 (NAMIKI Takao)		
研究協力者	香取　勇一 (KATORI Yuichi)		
研究協力者	圓山　由子 (MARUYAMA Yoshiko)		