

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：12101

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H05776

研究課題名（和文）脳ネットワークにおける高速・高精度な機能的クラスタ/ハブ細胞の検出法の開発

研究課題名（英文）Development of fast and accurate functional cluster/hub cell detection method in brain network

研究代表者

竹田 晃人 (Takeda, Koujin)

茨城大学・理工学研究科（工学野）・准教授

研究者番号：70397040

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題の主要な成果は以下である。(A) ベイズ統計学に基づく神経クラスタ推定アルゴリズムを高速化し、かつ連続値データへの適用のための一般化を行い、さらに非定常な神経クラスタ構造を解析するための拡張を行った。(B) Ca²⁺イメージング画像中の神経細胞の位置および神経活動時系列を同時推定するアルゴリズムを開発し、それらが高精度に推定可能なことを確認した。(C) 脳神経活動のfMRIデータに様々な行列分解の手法を適用し、疎性を取り入れた行列分解の手法が適切な特徴量を抽出するという結果を得た。これより脳内神経情報処理にスパースコーディングが実現されている傍証が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

神経科学では近年の計測技術の向上によりCa²⁺イメージング画像やfMRIデータ等の大規模な神経活動データが取得可能となった。しかし大規模データから神経活動の有意な情報を抽出するための数理的技術は発展途上であった。本研究の主要な成果により、神経科学においても大規模データの高精度・高速な処理が近い将来に可能になり、今後の新たな解析手法の開発も期待される。また大規模データに対する新手法を活用することで、生物の神経ネットワーク構造および各部位の機能に関する知見が得られ、最終的には神経科学の発展に大きく寄与できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The main results of this research project are summarized as follows. (A) The estimation algorithm for neuronal ensemble based on Bayesian statistics was accelerated, generalized for application to continuous-valued data, and further extended to analyze non-stationary neuronal ensemble structure. (B) The algorithm to simultaneously estimate the position and spike time series of neurons in the picture of Ca²⁺ imaging was developed. By applying this algorithm, it was confirmed that this algorithm can estimate both the position and spike time series with high accuracy. (C) Various matrix factorization methods were applied to extract features in fMRI data of brain activity. As a consequence, it was found that the method incorporating sparsity can extract appropriate features. This result indicates that sparse coding is realized in information processing in the brain.

研究分野：統計物理学

キーワード：機能的神経クラスタ 神経ネットワーク 神経活動特徴量抽出 ベイズ推定 マルコフ連鎖モンテカルロ法 行列分解

1. 研究開始当初の背景

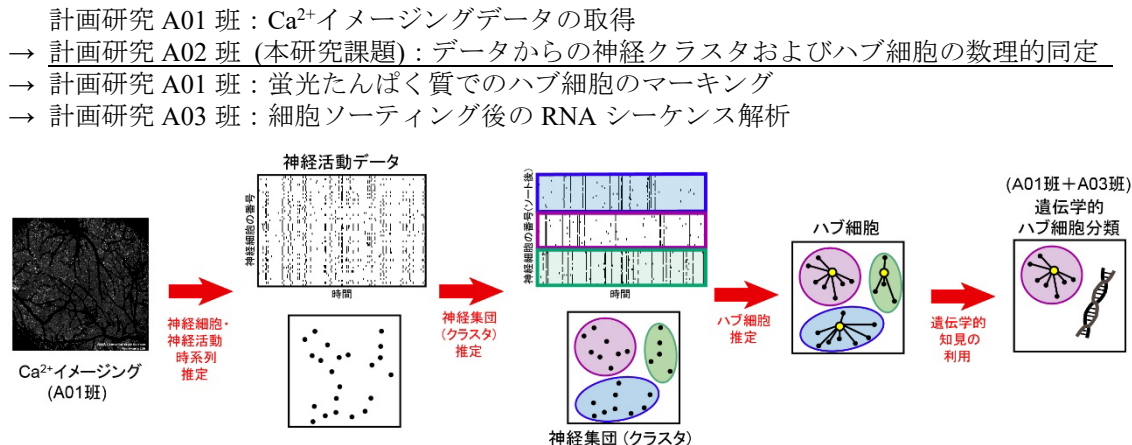
神経科学の分野では、Ca²⁺イメージング等の計測技術の向上により神経活動データの大規模化が進んでいる。得られた大規模データを適切に解析し、神経ネットワーク内のクラスタ構造やハブの役割を果たす細胞（ハブ細胞）を抽出し、それにより神経ネットワークの広域構造や各部位の機能を知ることができれば、神経科学の発展に大きく寄与できる。しかし、大規模データ中の神経クラスタやハブ細胞等を古典的統計解析手法により高精度かつ高速に推定することは一般に困難と考えられており、大規模神経ネットワークの広域構造を探るデータ解析手法の整備は不十分という状況であった。

上記の事情から、本研究課題の代表者らは特に神経クラスタ推定法の改良に取り組んでいた。神経クラスタ推定についてはベイズ統計学に基づく確率的手法が既に提案されていた (Diana-Sainsbury-Meyer, 2019) が、この手法は大規模データに対しては解析に長い計算時間を必要とし、適用が難しいという問題があった。そこで本研究課題の代表者らは、シミュレーテッド・アニーリング法と呼ばれる数値最適化手法と先行研究の確率的推定アルゴリズムとを結合させることで、計算時間の問題を解決した (Kimura-Takeda, 2020)。この手法を深化させることで、大規模データに対しても神経クラスタ構造をより高精度かつ高速に抽出できると期待されるため、本研究課題を推進するに至った。

2. 研究の目的

上記の研究背景の下で、本研究課題では大規模神経活動データを解析するための新たな手法を確立することを目的とした。特に、神経ネットワーク中の神経クラスタおよびハブ細胞を計算機により高精度かつ高速に解析する手法の確立を目指した。

学術変革領域研究全体としては、大規模データの解析に対応できる神経クラスタ推定手法を開発し、その手法に基づき神経ネットワーク内のハブ細胞の推定法を確立することで、神経ネットワークの広域構造とその背後にある生理学的・遺伝学的特性を他の計画研究班と協調して探ることが目的であった。具体的には以下の流れで対象生物の神経クラスタ/ハブの遺伝子発現特性を明らかにすることを最終目標としていた (下図も参照)。



ハブ細胞の生理学的・遺伝学的特性の解析の一連の流れの中で、本研究課題の役割は Ca²⁺イメージングデータ取得と RNA シーケンス解析の中間に位置する。従って、Ca²⁺イメージング実験後に高速に神経クラスタ/ハブ解析を完了させなければ、RNA シーケンス解析の精度が損なわれる。そこで、高精度かつ高速な神経クラスタおよびハブ細胞の検出法が必要とされた。

3. 研究の方法

以下に本研究課題の具体的な研究テーマおよび方法を示す。なお当初の計画には無く、研究開始時後に加えられたテーマに関しても記述する。

(1) 高速な神経クラスタ推定アルゴリズムの実データへの適用と実用性の確認

研究背景で述べた通り、本研究課題の代表者らはベイズ統計学に基づく確率的神経クラスタ推定アルゴリズムの高速化に成功していた。しかし実データでの有効性が確認されていなかったため、開発手法が実データに対し有効に働くかを検証した。かつ推定アルゴリズムの計算量および計算時間を評価した。

(2) 連続データ解析のための神経クラスタ推定モデルの一般化

項目(1)の高速化された神経クラスタ推定アルゴリズムでは、個々の神経細胞は活動・非活動状態の2状態のみを取ると仮定していたが、 Ca^{2+} イメージング蛍光強度のような生の実験活動データは2状態モデルで記述できない。そこで推定アルゴリズムを連続値活動データに直接適用できるように一般化し、2値化による情報損失を防ぐことにより神経クラスタ推定の高精度化を試みた。さらに本モデルを実データに適用し、神経クラスタが適切に抽出可能かを確認した。

(3) 局所神経クラスタ内の神経ネットワーク構造の推定法の構築

神経クラスタ推定法に加えてクラスタ内のハブ細胞推定法を構築するために、神経クラスタ内の局所神経ネットワーク構造の推定モデルを提案した。このネットワーク構造推定問題はイジング逆問題と呼ばれる問題に相当するので、過去のイジング逆問題の研究を検討した上で推定モデルを提案した。

(4) Ca^{2+} イメージング画像から神経細胞位置と神経活動時系列を同時推定する手法の開発

「研究の目的」のハブ細胞の生理学的・遺伝学的特性の解析の一連の流れからも分かるように、本研究課題の最終目的の達成のためには Ca^{2+} イメージング画像の神経活動データへの変換も高精度かつ高速に行うことが望ましい。そこで過去の研究を参考にし、ベイズ統計学に基づく形で、 Ca^{2+} イメージング画像中の神経細胞位置およびその神経活動時系列の新たな推定法を開発した。

(5) 計算機科学の観点からの高速な神経活動データ解析法の開発

本研究課題では神経クラスタの高速推定のために大型計算機を導入した。そこで計算機科学の観点から、項目(1)(2)の神経クラスタ推定アルゴリズム、および項目(4)の神経細胞位置と神経活動時系列の同時推定アルゴリズムの高速化を試みた。具体的には、計算機のハードウェア構造に適したコーディングのプログラムを用いることで計算時間の短縮を試みた。

(6) fMRI データから脳内神経情報処理の特徴を適切に抽出する手法の検証と開発

神経ネットワークの各部位の機能的特性を把握するための手法として、 Ca^{2+} イメージングデータを利用する他に、脳の神経活動の fMRI データ中の特徴量を抽出する方法が挙げられる。そこで様々な行列分解の手法を fMRI データへ適用し、各手法により抽出された特徴量が脳内神経情報処理の特徴を正しく反映しているかを検証した。

なお当初の計画としては、神経クラスタ構造および神経クラスタ内のハブ細胞の推定後、計画研究 A01 班および A03 班と協力し、神経細胞の遺伝学的情報からハブ細胞を推定する分類手法を構築し、疾患モデルへ応用することを目標としていた。しかし本研究課題の研究期間の都合上、このテーマに着手するには至らなかった。

4. 研究成果

以下に主要な研究成果を示す。なお以下各項目は「研究の方法」の各研究テーマと対応する。

(1) 高速な神経クラスタ推定アルゴリズムの実データへの適用と実用性の確認

本研究課題に先立って開発した2値活動データ中の神経クラスタを高速推定するアルゴリズムについて、先行研究との計算時間の比較を厳密に行い、先行研究に比べ最大5倍程度の高速化に成功していることを確認した。かつ本アルゴリズムをマウスの前外側運動皮質の公開神経活動データ (Li-Chen-Guo-Gerfen-Svoboda, 2015) へ適用し、マウスの神経活動データの取得環境と関連した神経クラスタ構造が正しく抽出されていることを確認した。これにより高速化アルゴリズムの正当性が裏付けられた。なお、これらの成果は学術誌論文として掲載済である (Kimura-Ota-Takeda, 2021)。

(2) 連続データ解析のための神経クラスタ推定モデルの一般化

項目(1)で高速化された2値活動データに対する神経クラスタ推定アルゴリズムについて、 Ca^{2+} イメージングデータへの直接適用のために推定モデルの一般化を行った。具体的には、アルゴリズムの入力変数(神経活動データ)を2値から連続値に変更するために推定モデルを変更し、さらに確率的推定アルゴリズム中の状態更新手続きにも変更を加えた。加えて、非定常な神経クラスタ構造を解析する目的から、クラスタ粒度(クラスタのスケール)の調整が可能となるようにアルゴリズムをさらに拡張した。アルゴリズムの構築法および人工データに対する有用性に関しては、学術誌論文として掲載予定である (Kimura-Takeda, 2023, to appear)。

さらに、一般化アルゴリズムを外部刺激下でのマウスの大規模神経活動データ(計画研究 A01 班提供)に適用した結果、外部刺激に対応した適切な神経クラスタ構造が検出された一方で、非自明な神経ネットワーク構造を示唆する結果も得られた。また、マウスの自発的活動を含む神経活動データにも本手法を適用し、適切と考えられる神経クラスタ構造を得た。これらの結果により、 10^4 オーダーの神経細胞に関しても高速なクラスタ推定が可能であることが確認された。な

お実データへの適用結果の一部については国際会議で公表済である (Kimura-Ota-Murayama-Takeda, 2021)。これらの結果の詳細については今後も検討を重ねる予定である。

加えて一般化アルゴリズムの理論的正当性の確認のために、一般化アルゴリズムを拡散過程とみなしその挙動を調べ、アルゴリズムで推定した神経クラスタ構造と拡散過程の収束分布との間に矛盾が無いことを確認した。この結果も国内学会で公表済である (木村-竹田, 2023)。

(3) 局所神経クラスタ内の神経ネットワーク構造の推定法の構築

神経細胞活動から神経ネットワークを推定する問題は、統計科学の逆イジング問題と密接に関連しており、かつ逆イジング問題を利用した神経ネットワーク推定に関しては統計物理学の分野で先行研究が存在する (Roudi-Hertz, 2011, Mezard-Sakellariou, 2011 等)。ただしこれらの先行研究は神経活動データが 2 値の場合のもので、 Ca^{2+} イメージングのような連続データに対しては神経ネットワーク推定モデルを再構築する必要があった。そこで統計物理学の球形スピングラス模型の知見をもとに連続データに対応した推定モデルを構築した。なお、構築した推定モデルは国内学会で公表済である (木村-竹田, 2021)。ただし本推定モデルにはハイパーパラメータが含まれるがその決定法が不明であり、かつ他の要因もあり現時点では人工データに対する良好な神経ネットワークの推定結果が得られていない。従って、本手法は今後も検討の必要がある。

(4) Ca^{2+} イメージング画像から神経細胞位置と神経活動時系列を同時推定する手法の開発

Ca^{2+} イメージング画像から神経細胞位置および神経活動時系列を同時推定する手法を新規に開発した。本テーマに関する先行研究として自己回帰モデルに基づく手法があるが (Vogelstein et al., 2010, Pnevmatikakis et al., 2016)、これらを踏まえて本研究課題では自己回帰モデルを隠れマルコフモデルとみなし、隠れ変数に相当する神経活動時系列 (神経細胞のスパイク時系列) を確率モデルにより推定する手法を考案した。成果として、 Ca^{2+} イメージングの公開画像データ中に存在する複数の神経細胞の位置が本アルゴリズムにより正確に推定可能なこと、かつ画像の背後にある神経活動時系列も高精度に推定可能なことが確認できた。なお、開発した推定手法や公開画像データへの適用結果は国内諸学会で公表済である (斎藤-竹田, 2022 等多数)。なお、この手法には計算量および計算時間の問題が残っているため、今後は高速化に関する研究を継続予定である。

また本テーマに関連し、位相差顕微鏡画像中の生体細胞 (神経細胞ではない) の自動位置推定および細胞形状や細胞核の動的挙動の予測に関する研究も実施した。本成果は国内学会で公表済である (段木-竹田-長山, 2021 等複数)。

(5) 計算機科学の観点からの高速な神経活動データ解析法の開発

本研究課題の代表者は補助金で神経クラスタ/ハブ推定用の大型計算機を導入した。この計算機は 512 ビットレジスタを持ち 512 ビット演算が可能である。そこで、ハードウェア構造に適したコーディングのプログラム、具体的には SIMD 命令 (Single Instruction/Multiple Data) を駆使したプログラミングを行うことで、項目(1)(2)の神経クラスタ解析の計算時間が大幅に短縮できることを確認した。さらに項目(4)の神経細胞位置と神経活動時系列の同時推定についても高速化プログラムを作成中である。なお本研究課題の研究期間には間に合わなかったが、これらのプログラムの開発後に、入力情報である Ca^{2+} イメージングデータから神経クラスタ/ハブを高速推定する一連の流れの解析プログラムを実際に構成し、実データへ適用することで解析能力および計算速度を確認する予定である。

(6) fMRI データから脳内神経情報処理の特徴を適切に抽出する手法の検証と開発

視覚刺激下の被験者より取得された公開 fMRI データ (Haxby et al., 2021) に様々な行列分解の手法を適用し、各手法で抽出された特徴量が実際の視覚刺激と正しく対応しているかを機械学習の分類モデルを用い検証した。結果として、疎性を取り入れた行列分解の手法により適切な特徴量が抽出されることが判明した。この事実は脳内神経情報処理にスパースコーディングが実現されている傍証と言える。この成果は国内諸学会で公表済であり (遠藤-竹田, 2022 等複数)、かつ現在学術誌に論文を投稿中である (Endo-Takeda, submitted)。

これに関連して、疎性を取り入れた行列分解のアルゴリズムを自身でも開発した。このアルゴリズムでは変分ベイズ法に基づく定式化とハイパーパラメータの新たな自動調整法の導入が行われている。なお、この成果は学術誌論文として掲載済である (Kawasumi-Takeda, 2023)。

本研究課題の研究期間の関係上、前述の研究テーマには未完のものもある。未完のものについては学術変革領域研究の各計画研究班と今後も協力し研究を継続し、最終目標である神経ネットワークの広域構造と背後の生理学的・遺伝学的特性の解明を目指したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Shun Kimura, Keisuke Ota, Koujin Takeda	4. 巻 2021
2. 論文標題 Improved neuronal ensemble inference with generative model and MCMC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 063501 ~ 063501
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1742-5468/abffd5	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 遠藤優介, 竹田晃人	4. 巻 122
2. 論文標題 DCアルゴリズムを用いたSCAD正則化項付きICA	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Technical Report	6. 最初と最後の頁 38-42, NC2022-53
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 Ryota Kawasumi, Koujin Takeda	4. 巻 35
2. 論文標題 Automatic Hyperparameter Tuning in Sparse Matrix Factorization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neural Computation	6. 最初と最後の頁 1086 ~ 1099
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1162/neco_a_01581	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 Shun Kimura, Koujin Takeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Generalization of generative model for neuronal ensemble inference method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 (掲載予定)
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計41件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人, 岩崎唯史, 太田桂輔
2. 発表標題 神経集団推定法の連続値信号への一般化
3. 学会等名 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石塚雅人, 坪井一洋, 竹田晃人, 宮寄武
2. 発表標題 軌道データに基づいた空力係数推定への近似ベイズ計算法の応用
3. 学会等名 日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹田晃人
2. 発表標題 圧縮センシングの基礎と応用・最新技術
3. 学会等名 日本テクノセンター講習会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹田晃人
2. 発表標題 計画研究A02班の研究計画紹介
3. 学会等名 科学研究費補助金「クラスタ/ハブダイナミズムの決定剛軟因子」キックオフシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川澄亮太, 竹田晃人
2. 発表標題 疎行列分解アルゴリズムの事前分布パラメータ自動調整
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 大規模神経活動データのためのネットワーク構造推定法
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田桂輔, 木村俊, 竹田晃人, 村山正宜
2. 発表標題 活動同期性に基づく神経クラスタ推定手法の大規模イメージングデータへの適用
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shun Kimura, Keisuke Ota, Masanori Murayama, Koujin Takeda
2. 発表標題 Fast inference of neuronal ensembles applicable to large scale Ca ²⁺ imaging data
3. 学会等名 The 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keisuke Ota, Yasuhiro Oisi, Muneki Ikeda, Yoshiaki Ito, Hiroyuki Uwamori, Shun Kimura, Kenta Kobayashi, Yoshinori Kuroiwa, Masaru Horikoshi, Junya Matsushita, Hiroyuki Hioki, Masamichi Ohkura, Junichi Nakai, Koujin Takeda, Masafumi Oizumi, Atsushi Miyawaki, Toru Aonishi, Takahiro Ode, Haruhiko Bito, Masanori Murayama
2. 発表標題 Fast and wide field-of-view two-photon imaging revealed functional network proprieties with the single-cell resolution
3. 学会等名 The 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹田晃人
2. 発表標題 圧縮センシングの基礎と応用・最新技術
3. 学会等名 日本テクノセンター講習会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 斎藤陽平, 竹田晃人
2. 発表標題 ベイズ推定による神経細胞イメージングデータのパラメータ推定
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 非正常性を仮定した神経集団の動的挙動推定
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 大規模活動データに適用可能な神経集団推定法のコミュニティ検出特性
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 段木穂高, 竹田晃人, 長山和亮
2. 発表標題 部分空間法を用いた癌細胞分裂開始からの経過時間予測
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 時間的非正常性を仮定した神経集団推定モデル
3. 学会等名 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川澄亮太, 竹田晃人
2. 発表標題 特異点を利用した変分ベイズ疎行列分解アルゴリズムの事前分布パラメータ自動調整
3. 学会等名 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤陽平, 竹田晃人
2. 発表標題 神経細胞イメージングデータのパラメータ事後分布推定
3. 学会等名 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 段木穂高, 竹田晃人, 長山和亮
2. 発表標題 位相差顕微鏡画像の特徴量抽出によるHeLa細胞の分裂周期の予測
3. 学会等名 日本機械学会関東支部総会・講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 マルコフ連鎖モンテカルロ法に基づく神経集団推定法のサイズ依存性
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤優介, 竹田晃人
2. 発表標題 fMRI データに対する行列分解の性能評価
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 段木穂高, 竹田晃人, 長山和亮
2. 発表標題 細胞位相差画像の時間差分における特徴量抽出と細胞分裂タイミングの予測
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹田晃人, 斎藤陽平
2. 発表標題 「脳ネットワークにおける高速・高精度な機能的クラスタ/ハブ細胞の検出法の開発」成果報告
3. 学会等名 科学研究費補助金「クラスタ/ハブダイナミズムの決定剛軟因子」2022シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大本育実, 中村匠, 木村俊, 高田篤, 竹田晃人, 村山正宜
2. 発表標題 学術変革領域(B)クラスタ/ハブダイナミズムの決定剛軟因子
3. 学会等名 日本科学振興協会 第1回総会・キックオフミーティング
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤優介, 竹田晃人
2. 発表標題 行列分解を用いたfMRIデータのエンコーディングに関する研究
3. 学会等名 NEURO2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 神経クラスタ推定法の高次元への一般化
3. 学会等名 NEURO2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 斎藤陽平, 竹田晃人
2. 発表標題 ベイズ推定による神経細胞イメージングデータのパラメータ推定
3. 学会等名 NEURO2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤優介, 竹田晃人
2. 発表標題 DC 計画問題を用いたスパース制約付き独立成分分析
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 斎藤陽平, 竹田晃人
2. 発表標題 ベイズ推定を用いた神経細胞イメージングデータのパラメータおよびスパイク推定
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 機能的神経クラスタ推定のための生成モデルの表現能力
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人, 太田桂輔, 村山正宣
2. 発表標題 拡張された機能的神経クラスタ推定法の実データへの適用
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 機能的神経クラスタ推定のためのベイズ生成モデルの一般化
3. 学会等名 日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤優介, 竹田晃人
2. 発表標題 fMRIデータに対する行列分解による脳情報コーディング
3. 学会等名 日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 時系列信号クラスタ推定を目的としたベイズ生成モデルの表現能力拡張
3. 学会等名 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 斎藤陽平, 竹田晃人
2. 発表標題 神経細胞イメージングデータの事後分布およびスパイク推定
3. 学会等名 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤優介, 竹田晃人
2. 発表標題 DC計画問題の応用によるスパースICAの提案
3. 学会等名 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤優介, 竹田晃人
2. 発表標題 DCアルゴリズムを用いたSCAD正則化項付きICA
3. 学会等名 ニューロコンピューティング(NC)研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大橋未来, 竹田晃人, 長山和亮
2. 発表標題 機械学習を用いた無染色位相差顕微鏡画像からの細胞核抽出と評価
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹田晃人
2. 発表標題 脳ネットワークにおける高速・高精度な機能的クラスタ/ハブ細胞の検出法の開発
3. 学会等名 「次世代脳」プロジェクト 冬のシンポジウム2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹田晃人, 斎藤陽平, 木村俊
2. 発表標題 計画研究A02班「脳ネットワークにおける高速・高精度な機能的クラスタ/ハブ細胞の検出法の開発」成果報告
3. 学会等名 科学研究費補助金 学術変革領域研究B「クラスタ/ハブダイナミズムの決定剛軟因子」2023シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村俊, 川澄亮太, 竹田晃人
2. 発表標題 行列分解を用いた神経クラスタ推定
3. 学会等名 日本物理学会春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村俊, 竹田晃人
2. 発表標題 拡散を用いた機能的神経クラスタ推定法の普遍的性質
3. 学会等名 日本物理学会春季大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>[受賞]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・共同研究者の遠藤優介氏がNEUR02022においてJunior Investigator Poster Awardを受賞 ・共同研究者の大橋未来氏が日本生体医工学会 関東支部若手研究者発表会 2022において優秀発表賞を受賞 <p>[研究課題の概要や研究業績等のオンラインでの公開]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・学術変革領域研究(B)「クラスタ/ハブダイナミズムの決定剛軟因子」ホームページ https://cluster-hub-dynamism.com/ ・竹田晃人 (研究代表者) ホームページ http://takeda.ise.ibaraki.ac.jp/takeda/index.html
--

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

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