

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K07056

研究課題名(和文)皮質階層構造における情報処理様式の普遍性と多様性

研究課題名(英文)Universality and diversity of information processing in cortical hierarchy

研究代表者

田村 弘 (Tamura, Hiroshi)

大阪大学・大学院生命機能研究科・准教授

研究者番号：80304038

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：サル大脳皮質視覚関連領野(初期視覚野, V1; 中次視覚野, V4; 高次視覚野, IT)において、同期発火の出現頻度と時間構造がV1、V4、ITの順に変化することを見出した。神経活動の同期発火に差異が出現したことより、各領野に固有の機能的神経回路の存在が示唆された。また、階層構造の明瞭なラット視床外側膝状体(LGN)と大脳皮質視覚野(V1)を対象として、LGN細胞スパイク活動とV1局所電場電位との関連を検討した。LGN細胞において3つの連続したスパイクが特定のパターンで生じた時に、V1局所電場電位が大きく変調することを見出した。スパイク発火の時間パターンの皮質活動に対する重要性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

各領野に固有の機能的神経回路の存在は、階層構造に従った視覚応答特性の変化が、各領野への入力情報の変化に起因するのみならず、各領野で行われる固有の情報処理様式によっても変化している可能性を示唆している。この結果は、各領野が共通の神経回路を用いて、共通の情報処理を実行しているとする仮説に意義を唱える結果となった。また、視床細胞に特定の時間パターンでスパイク活動が生じた時に皮質電場電位が大きく変調されたことから、スパイク発火時間パターンのシナプス伝達における重要性が明らかになった。この結果は、発火時間パターンに視覚情報が符号化されている可能性を支持する。

研究成果の概要(英文)：I examined spiking activity across the ventral visual system in macaque monkeys and found that cortical areas differed in structures of correlated spiking activity, suggesting that neural circuitry and the way to encode stimulus-related information by neuron populations are unique to each cortical area. I also examined how spiking activity of LGN inputs is integrated by cortical neurons. A specific temporal pattern appearing in three consecutive spikes of a LGN neuron induced larger cortical local field potential modulation than high-frequency spiking activity during a short period. The findings indicate the importance of the temporal pattern of spiking activity of a single thalamic neuron on cortical activation.

研究分野：神経生理学

キーワード：神経回路 電気生理 多細胞記録 視覚 視床 大脳皮質 活動電位 局所電場電位

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

網膜で受容された視覚情報は、階層的に配置された複数の視覚領野において段階的に処理される。この過程で、神経細胞の示す視覚応答特性は徐々に変化する。この応答特性の変化は、各領野に与えられる入力に変化することで生じるが、領野ごとに固有の処理が行われることで、変化が促進されている可能性もある。本研究では、各領野における情報処理様式の特徴を、入力の収斂過程と出力の発散過程に注目することで明らかにする。特に皮質4層から3層へのフィードフォワード結合に注目して、神経活動の収束と発散様式の領野間比較をおこなう。本研究より、皮質階層構造における情報処理様式の普遍性と多様性について明らかにする。

大脳皮質を構成する複数の領野は階層的に構成される。例えば、物体の視覚的認識に関わる腹側視覚経路では、視覚情報は第一次視覚野(V1)に始まり、V2、V4を經由して下側頭葉皮質(IT)へと伝えられる。この階層構造に従って、各領野の神経細胞の視覚応答特性は徐々に変化する(Kravitz et al., TICS, 2013)。例えば、神経細胞の担当する視野上の領域(受容野)は、V1では1度以下であるが、ITでは10度以上になる。また、V1神経細胞は線分など単純な図形に反応するが、IT神経細胞は手や顔など特定の物体像に対して選択的に反応する(例えば、Tamura & Tanaka, Cerebral Cortex, 2001)。最近我々は、V1神経細胞は個別の視覚要素(輝度コントラスト、色、空間構造)の存在で活動するが、IT神経細胞は要素が適切に組み合わせられたときにのみ活動することを見出した(Tamura et al., bioRxiv, 2016)。このように、階層構造に従った神経活動の変化に関する知見は集積されつつあるが、この変化を形成する神経基盤については不明な点が多い。

階層構造に従った応答特性の変化は、単に各領野に与えられる入力に変化することに起因する可能性がある。例えば、受容野サイズの漸進的拡大は、前段階の神経細胞からの収斂が繰り返されることで形成できる。この可能性は、領野間で共通の神経回路による、共通した情報処理が実行されているとする仮説(Canonical Circuitry・Canonical Computation)と一致する(Douglas et al., J Physiol, 1991; Carandini & Heeger, Nat Rev Neurosci, 2012)。一方、入力の変化に加えて、各領野で行われる情報処理様式も変化している可能性がある。各領野は固有の形態学的特徴、すなわち、皮質6層構造の構成、樹状突起野の広がり、水平軸策の広がり、を有している(Elston et al., Proc R Soc Lond B, 1999; Amir et al., J Comp Neurol, 1993)。このような形態学的特徴の差異は情報の収束/発散過程に影響を与えることから、領野間で異なる情報処理が実行されている可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、各領野における情報処理様式の特徴を、入力の収斂過程と出力の発散過程に注目することで明らかにする。特に皮質4層から3層へのフィードフォワード結合に注目して、神経活動の収束と発散様式の領野間比較をおこなう。本研究より、皮質階層構造における情報処理様式の普遍性と多様性について明らかにする。

3. 研究の方法

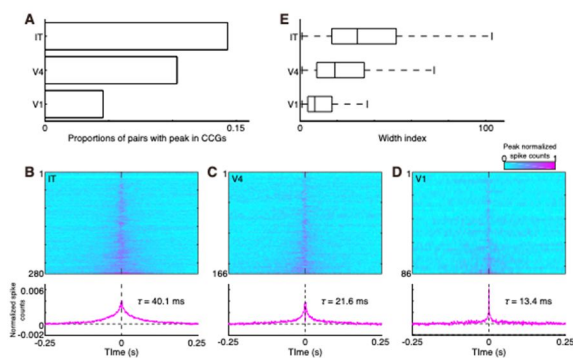
第一次視覚野(V1)、中次視覚野(V4)、そして下側頭葉皮質(IT)から、複数単一神経細胞活動をマルチプローブ電極により計測した。本研究では、長時間、安定に神経活動を計測することが必須となるので、鎮痛・不動化サル標本を用いた神経活動計測実験をおこなった。V1、V4そしてITから複数単一神経細胞活動の同時計測をおこなった。刺激パラメータを領野ごとに最適化するため、各領野からの計測は個別におこなった。神経細胞間の機能的神経回路を推定するために、同時計測した神経細胞ペアに注目し、スパイク発火時系列に相互相関解析を適用した。

当初研究対象とした4層-3層神経細胞間単シナプス性興奮性結合を、相互相関解析を用いて推定する予定であったが、4層-3層神経細胞間には多数の共通入力が存在したため、単シナプス性興奮性結合を推定することが困難であった。そこで、研究対象を機能的階層構造がより明瞭で、共通入力の影響を受けにくいと考えられる領野間結合に変更して実験を実施した。また、実験対象をラット視床-皮質4層間結合に変更した。ラットを用いることで、受容野が重なることで神経結合が存在すると予想される細胞集団からの計測が容易になる。計測には、麻酔(ウレタン)頭部固定標本を用いた。ラット外側膝状体(LGN)とV1から複数単一神経細胞活動をマルチプローブ電極により計測した。V1からはスパイク活動に加えて局所電場電位も計測した。

4. 研究成果

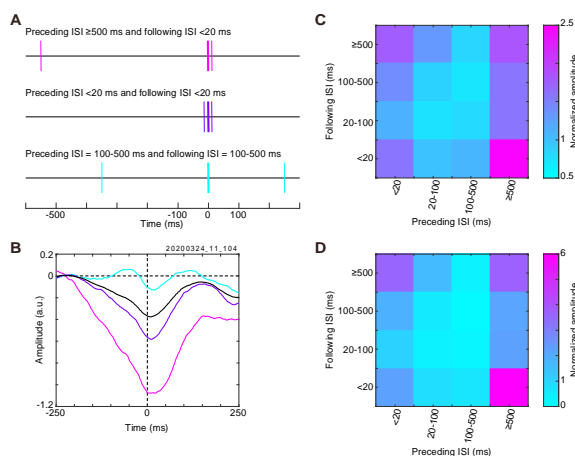
1) 機能的神経回路の大脳皮質階層構造に伴う変化に関する研究

マカク属サル大脳皮質視覚野（初期視覚野，V1；中次視覚野，V4；高次視覚野，IT）より、複数神経細胞活動を、マルチプローブ電極を用いて計測した。得られた神経活動にスパイクソーティングを適用して、複数単一神経細胞活動を得た。二つの神経細胞に由来するスパイク活動時系列に対して相互相関解析を適用して、スパイク発火相関の解析を行った（図 B-D）。この結果、サル大脳皮質視覚関連領域において、スパイク発火の相関活動の性質が変化することを明らかにした。すなわち、同期発火の出現頻度は V1、V4、IT の順に高くなり（図 A）、同期発火の時間構造（相互相関ヒストグラムのピーク幅；図 E）は V1、V4、IT の順に広がった。神経活動の時間構造に差異が出現したことより、各領域に固有の機能的神経回路の存在が示唆される。また、情報処理様式が階層構造に伴って変化する可能性を示唆している（Tamura, bioRxiv, 2017）。



2) 視床-皮質投射をモデルとした階層構造を結ぶ神経伝達様式に関する研究

大脳皮質感覚野神経活動は視床からの入力に依存する。ラット視床外側膝状体(LGN)と大脳皮質視覚野(V1)をモデルとして、LGN 細胞に発生するスパイク活動と V1 活動の関連を検討した。実験には、麻酔頭部固定した Long-Evans ラットを用いた。特に、LGN 細胞スパイク活動の時間パターンに注目し、時間パターンと V1 活性化の程度について検討した。V1 活性化の程度は、同時計測した局所電場により評価した。この結果、LGN 細胞において 3 つの連続したスパイクが特定のパターン（長い (0.5s 以上) スパイク間隔後の短い (20ms 以下) スパイク間隔) で生じた時に、V1 の局所電場電位が大きく変動されることが明らかになった。もし発火頻度が重要であるならば、三つの連続したスパイクが短い間隔で連続して生じることが重要であると予想される。しかし、長いスパイク間隔と短いスパイク間隔の組み合わせが重要であったことから、特定のスパイク発火の時間パターンが皮質活動に重要であることを示唆している（Tamura bioRxiv, 2021）。



3) 畳み込みニューラルネットワークを用いた階層的情報処理に関する研究

皮質階層構造における情報処理様式の特徴を明らかにする目的で、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いて、階層構造に伴って視覚情報表現が変化する様子を検討した。CNN が霊長類大脳皮質のモデルとして有用であるためには、CNN の階層構造に伴う情報表現様式の変化と霊長類大脳皮質における階層構造に伴う情報表現様式の変化が一致する必要がある。そこで、代表的な CNN である AlexNet (Krizhevsky et al., 2012) の各層における情報表現様式と霊長類大脳皮質視覚野（初期視覚野，V1；中次視覚野，V4；高次視覚野，IT）における情報表現様式を比較した。情報表現様式は視覚刺激セットに対する応答より求めた representational dissimilarity matrix (RDM) を用いて評価した。この結果、AlexNet 初期層は V1 と、AlexNet 中次層と高次層は V4、IT と情報表現様式が類似することが明らかになった（Wagatsuma et al., eNeuro, 2020; Wagatsuma et al., Front Comput Neurosci, 2022）。この結果は、AlexNet が霊長類大脳皮質のモデルとして有用であることを示しており、AlexNet を用いたより詳細な検討が可能となる。また、AlexNet を用いて、反応選択的ユニットの物体認識における役割を検討した（Kanda et al., ArXiv, 2020）。この結果、選択的ユニットをネットワークから削除しても認識能力は低下することは無く、むしろ向上することが明らかになった。この結果は、選択的ユニットが認識能力を低下させている可能性を示唆している。

4) 能動的視覚に伴う視覚応答の特徴に関する研究

能動的視覚条件における大脳皮質視覚野の情報処理様式の特徴を明らかにする目的で、受動的に視覚刺激呈示を受けている状態と、能動的に眼を動かしながら視覚刺激を観察している状態で、視覚応答を比較した。この結果、能動的に刺激を観察している状態では、視覚応答性細胞の数は増加し、反応潜時が短縮することが明らかになった（Ito et al., Sci Rep, 2022）。

5) 大脳皮質中次視覚野における図地分離の神経機構に関する研究

大脳皮質中次視覚野における情報処理様式の特徴を明らかにする目的で、図地分離に着目し、中次視覚野 V4 より神経活動計測実験を実施した。この結果、V4 神経細胞が、受容野内に呈示された刺激が、“ 図 ”であるか“ 地 ”であるのかによって応答を変化させることを明らかにした(Yamane et al., PLoS ONE, 2020)。さらに、神経活動計測実験に用いた刺激画像を用いてヒト心理実験を実施し、ヒトにとって図地判断の難しい画像ほど、V4 神経細胞の反応潜時は延長し、応答が曖昧になることが明らかになった。このようなヒト判断と V4 神経活動の類似性は、V4 神経細胞が図地分離の知覚を担っていることを示唆している(Shishikura et al., Front Syst Neurosci, 2022)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Tamura Hiroshi	4. 巻 9.08
2. 論文標題 The Temporal Pattern of Spiking Activity of a Thalamic Neuron are Related to the Amplitude of the Cortical Local Field Potential	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 459532
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2021.09.08.459532	査読の有無 無
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 Ito Junji, Joana Cristian, Yamane Yukako, Fujita Ichiro, Tamura Hiroshi, Maldonado Pedro E., Grun Sonja	4. 巻 12
2. 論文標題 Latency shortening with enhanced sparseness and responsiveness in V1 during active visual sensing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 6021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-09405-4	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 Yamane Yukako, Kodama Atsushi, Shishikura Motofumi, Kimura Kouji, Tamura Hiroshi, Sakai Ko	4. 巻 15
2. 論文標題 Population coding of figure and ground in natural image patches by V4 neurons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	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) 10.1371/journal.pone.0235128	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 Wagatsuma Nobuhiko, Hidaka Akinori, Tamura Hiroshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Correspondence between Monkey Visual Cortices and Layers of a Saliency Map Model Based on a Deep Convolutional Neural Network for Representations of Natural Images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 eneuro	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) 10.1523/ENEURO.0200-20.2020	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 Yuta Kanda, Kota S Sasaki, Izumi Ohzawa, Hiroshi Tamura	4. 巻 2001.07811
2. 論文標題 Deleting object selective units in a fully-connected layer of deep convolutional networks improves classification performance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 arXiv	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) 10.48550/arXiv.2001.07811	査読の有無 無
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 佐々木耕太、田村 弘	4. 巻 73
2. 論文標題 視覚的質感認識を実現する階層的神経機構	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 422-426
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 佐々木耕太、田村 弘	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 視覚的質感認識を実現する階層的神経機構	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 小谷梨奈、市川寛子、五十嵐康彦、本武陽一、岡田真人、田村弘	4. 巻 118
2. 論文標題 L1ロジスティック回帰を用いた視覚皮質神経細胞集団の物体表面画像に対する識別性能の評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 145-150
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 木村耕治、山根ゆか子、田村弘、酒井宏	4. 巻 118
2. 論文標題 サルV4図地選好性細胞の受容野構造	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 181-185
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 Ito Junji, Yamane Yukako, Suzuki Mika, Maldonado Pedro, Fujita Ichiro, Tamura Hiroshi, Grun Sonja	4. 巻 7
2. 論文標題 Switch from ambient to focal processing mode explains the dynamics of free viewing eye movements	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-017-01076-w	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 Kaneko Hidekazu, Sano Hiroto, Hasegawa Yasuhisa, Tamura Hiroshi, Suzuki Shinya S.	4. 巻 45
2. 論文標題 Effects of forced movements on learning: Findings from a choice reaction time task in rats	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Learning & Behavior	6. 最初と最後の頁 191 ~ 204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3758/s13420-016-0255-9	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 Tamura Hiroshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Pairwise correlations of spiking activity changes along the ventral visual cortical pathway of macaque monkeys	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 bioRxiv	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) 10.1101/220301	査読の有無 無
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 本武 陽一、庄野 逸、田村 弘、岡田 真人	4. 巻 59
2. 論文標題 脳情報科学と人工知能 - ネオコグニトロンから Deep Learning へ -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理 (情報処理学会誌)	6. 最初と最後の頁 42-47
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 Wagatsuma Nobuhiko、Hidaka Akinori、Tamura Hiroshi	4. 巻 16
2. 論文標題 Analysis based on neural representation of natural object surfaces to elucidate the mechanisms of a trained AlexNet model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Computational Neuroscience	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) 10.3389/fncom.2022.979258	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 Shishikura Motofumi、Tamura Hiroshi、Sakai Ko	4. 巻 16
2. 論文標題 Correlation between neural responses and human perception in figure-ground segregation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Systems Neuroscience	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) 10.3389/fnsys.2022.999575	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32件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 本谷康平、佐々木耕太、田村弘、大澤五住
2. 発表標題 サルV1野・V4野の神経細胞ペアの、空間周波数ドメインでの刺激選択性の類似度と同期発火との関係
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会、CJK第1回国際会議 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Itsuki Machida, Atsushi Kodama, Kouji Kimura, Motofumi Shishikura, Hiroshi Tamura and Ko Sakai
2. 発表標題 Cortical Coding of Surface Textures and Contour Shapes in the Intermediate-level Visual Area V4.
3. 学会等名 ICONIP 2021 (The 28th International Conference on Neural Information Processing) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 我妻伸彦、日高章理、田村弘
2. 発表標題 サル視覚皮質と深層畳み込みニューラルネットワークに基づく物体識別モデルの画像情報表現
3. 学会等名 電子情報通信学会 非線形問題研究会 (NLP)、MEとバイオサイバネティクス研究会 (MBE)、ヘルスケア・医療情報通信技術研究会 (MICT)、ニューロコンピューティング研究会 (NC)、合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本谷康平, 重川幸輝, 佐々木耕太, 田村弘, 大澤五住
2. 発表標題 サルV1野・V4野における、神経細胞ペアの視覚刺激選択性の類似度と同期発火との関係
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 穴倉基文, 山根ゆか子, 田村弘, 酒井宏
2. 発表標題 サル V4 図地選好性細胞の応答とヒト図地知覚との相関
3. 学会等名 第30回 日本神経回路学会 全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 我妻伸彦, 渡邊将以, 増本真子, 日高章理, 田村弘
2. 発表標題 注意選択を再現する深層ニューラルネットワークモデルの情報表現
3. 学会等名 第17回コンピューショナル・インテリジェンス研究会(計測自動制御学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本紗也加, 田村弘
2. 発表標題 時間順序課題によって計測した知覚潜時に及ぼす刺激呈示位置と視空間的注意の影響
3. 学会等名 Neuro2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本谷康平, 重川幸輝, 佐々木耕太, 田村弘, 大澤五住
2. 発表標題 サルV1野・V4野における、神経細胞の同期発火を元にした、視覚の集団表現の検討
3. 学会等名 Neuro2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾崎龍太郎, 木村文隆, 田村弘
2. 発表標題 大脳皮質感覚野神経細胞のスパイク発火は感覚刺激の有無よりも周囲細胞の活動状態に依存する
3. 学会等名 Neuro2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木愛之、小谷梨奈、田村弘
2. 発表標題 サルV4野神経細胞集団が表現する情報は画像特徴量から心理評価値へと切り替わる
3. 学会等名 Neuro2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井宏、木村耕治、山根ゆか子、田村弘
2. 発表標題 V4野における図地の符号化---単一細胞の受容野構造と集団符号化
3. 学会等名 Neuro2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukako Yamane, Junji Ito, Cristian Joana, Pedro E. Maldonado, Hiroshi Tamura, Ichiro Fujita, Kenji Doya, Sonja Gruen
2. 発表標題 Population activity of macaque visual neurons dynamically changes across repeated fixations to become sparse during free viewing
3. 学会等名 Neuro2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakai K, Kimura K, Yamane Y, Tamura H
2. 発表標題 Figure-Ground Detection by a Small Population of Neurons with a Variety of Receptive-Field Structures in Monkey V4
3. 学会等名 CNS*2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wagatsuma N, Hidaka A, Tamura H
2. 発表標題 The correspondence between monkey visual areas and layers in DCNN saliency map model for representations of natural images
3. 学会等名 APCV 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimura K, Yamane Y, Tamura H, Sakai K
2. 発表標題 Antagonistic receptive-field structure of V4 neurons detects local figure-ground organization in natural image patches
3. 学会等名 APCV 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Baoxuan Liu, 我妻伸彦, 田村弘, 山根ゆか子, 酒井宏
2. 発表標題 Temporal Information for Figure-Ground Determination in Monkey V4
3. 学会等名 JNNS2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宍倉基史, 鈴木一史, 山根ゆか子, 田村 弘, 酒井 宏
2. 発表標題 図地分離に対するサルV4神経細胞の反応と知覚の一貫性 --- 電気生理実験, 知覚心理実験および線形受容野カーネルモデルによる解析
3. 学会等名 ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村文隆 田村弘
2. 発表標題 ラットバレル皮質における4層-2/3層間発火順序の発達に伴う変化
3. 学会等名 第97回日本生理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yukako Yamane, Junji Ito, Cristian Joana, Pedro E. Maldonado, Hiroshi Tamura, Ichiro Fujita, Kenji Doya, Sonja Gruen
2. 発表標題 Inferring fixated objects in free viewing from parallel neuronal spiking activities in macaque monkeys
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukako Yamane, Junji Ito, Cristian Joana, Pedro E. Maldonado, Hiroshi Tamura, Ichiro Fujita, Kenji Doya, Sonja Gruen
2. 発表標題 Representation of fixated objects by multiple single unit activity in visual cortices of freely viewing macaque monkeys
3. 学会等名 FENS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神田悠汰, 佐々木耕太, 大澤五住, 田村 弘
2. 発表標題 物体像選択的ユニット削除はCNN分類性能を向上させ, 非選択的ユニット削除は低下させる
3. 学会等名 日本視覚学会 2019年 冬季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本紗也加、田村 弘
2. 発表標題 視空間的注意コントロール条件での網膜偏心度と知覚潜時の関係
3. 学会等名 日本視覚学会 2019年 冬季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野騰久、田村 弘
2. 発表標題 奥行きと方向の異なる対象間での眼球運動において観察される三相の運動軌跡
3. 学会等名 日本視覚学会 2019年 冬季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 我妻伸彦、日高章理、田村 弘
2. 発表標題 サル視覚皮質と深層畳み込みニューラルネットワークが獲得するsaliency mapモデルの画像情報表現
3. 学会等名 日本視覚学会 2019年 冬季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小谷梨奈、市川寛子、五十嵐康彦、本武陽一、岡田真人、田村弘
2. 発表標題 L1ロジスティック回帰を用いた視覚皮質神経細胞集団の物体表面画像に対する識別性能の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会・MEとバイオサイバネティクス研究会 合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村耕治、山根ゆか子、田村弘、酒井宏
2. 発表標題 サルV4図地選好性細胞の受容野構造
3. 学会等名 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会・MEとバイオサイバネティクス研究会 合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Tamura
2. 発表標題 Pairwise correlation of spiking activities differed among hierarchically organized visual cortical areas of macaque monkeys.
3. 学会等名 Neuro2017、第40回日本神経科学大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ito J, Yamane Y, Suzuki M, Maldonado P, Fujita I, Tamura H, Grun S
2. 発表標題 Switch from ambient to focal processing mode explains the dynamics of free viewing eye movements.
3. 学会等名 ECVP2017 European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中谷光宏、神田悠汰、田村弘
2. 発表標題 自然物体表面画像に対するサル腹側視覚経路神経活動情報表現と畳み込みニューラルネットワーク情報表現の関係Relationships between natural surface images representations of monkey visual cortical areas and those of convolutional neural networks.
3. 学会等名 第27回 日本神経回路学会 全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinjiro Mita, Taiga Fujimoto, Ryosuke Takeuchi, Hiroshi Tamura, Ichiro Fujita
2. 発表標題 Semi-online determination of preferred stimuli for visual cortex neurons by deep generative networks
3. 学会等名 第9回光操作研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroshi Tamura
2. 発表標題 The relationship between the temporal pattern of spiking activity of a thalamic neuron and cortical activation
3. 学会等名 Neuro2022、第45回日本神経科学大会、第32回日本神経回路学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Satoko Horino, Risa Matsumoto, Hiroshi Tamura
2. 発表標題 Synchronization of spiking activity of thalamic neurons converging onto a single cortical neuron increases rapidly in the initial part of response
3. 学会等名 Neuro2022、第45回日本神経科学大会、第32回日本神経回路学会全国大会
4. 発表年 2022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
---------------------------	-----------------------	----

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			
ドイツ	Julich Research Center			
チリ	Universidad de Chile			