

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H05168

研究課題名（和文）予測符号化の細胞基盤の解明

研究課題名（英文）Neural implementation of predictive coding

研究代表者

小坂田 文隆 (Osakada, Fumitaka)

名古屋大学・創薬科学研究科・准教授

研究者番号：60455334

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 37,400,000円

研究成果の概要（和文）：ヒトなどの動物は、感覚情報や過去の経験を用いて環境の状態を推定し、外界環境に能動的かつ柔軟に適應する。脳は入力される刺激を予測する内部モデルを構成し、それによる予測と実際に入力された感覚信号を比較し、両者のずれである予測誤差の計算に基づいて、知覚や認知機能を創発する。この考えは予測符号化理論にて定式化されているが、脳内でどのように実装されているかは不明である。本研究では、予測符号化理論の脳内実装を明らかにすることを目的とした。我々は、VR技術に、ウイルスベクター技術、光学技術、電気生理学的手法、数理モデルを組み合わせることで、予測符号化を担う階層的な神経回路構造を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、予測符号化の計算理論、アルゴリズム、脳内実装が明らかになった。予測符号化は知覚や感覚運動連関の理解のみならず、神経疾患や精神疾患を予測と観察のバランス異常として捉えることができる。本研究により、神経疾患や精神疾患の診断法や新たな治療戦略の創出に貢献できると期待される。

研究成果の概要（英文）：Animals, including humans, actively and flexibly adapt to the external environment by estimating environmental conditions based on sensory information and past experience.

The brain constructs an internal model and generates perception and cognition by comparing the predictions generated by the internal model with the actual sensory inputs. This idea has been formulated in predictive coding theory, but how it is implemented in the brain is unknown. In this study, we aimed to investigate the neural implementation of predictive coding theory. We revealed the hierarchical neural circuit structure responsible for predictive coding by using VR technology combined with viral vectors, optical imaging, electrophysiological recordings, optogenetics, and mathematical modeling.

研究分野：神経科学

キーワード：予測符号化 自由エネルギー原理 予測誤差 神経回路 階層性 イメージング 限定合理性 数理モデル

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

ヒトなどの動物は、感覚情報や過去の経験を用いて環境の状態を推定し、外界環境に能動的かつ柔軟に適応する。脳は入力される刺激を予測する内部モデルを構成し、それによる予測と実際に入力された感覚信号を比較し、両者のずれである予測誤差の計算に基づいて、知覚や認知機能を創発する。この考えは予測符号化理論にて定式化されている。予測符号化では、トップダウンな予測とボトムアップな外部感覚入力との差を検出する予測誤差ニューロンが存在すると仮定している。予測は、大脳皮質の高次な領野の錐体細胞群の発火パターンにより符号化される。その信号は低次の感覚皮質に伝達され、そこに感覚器からボトムアップに入力される感覚信号と照合されて予測誤差が計算される。予測誤差シグナルは高次な領野に送り出され、生成モデルの更新に利用される。予測符号化では、この計算が脳内で階層的に行われることで、外界を正しく認識できると考えられる。しかし、予測符号化が脳内でどのように実装されているかはほとんど明らかになっていない。特に、理論で仮定されている予測と予測誤差の伝達を担う階層的な神経回路構造が脳内に存在するどうかは不明である。

2. 研究の目的

動物は、時々刻々と得られる網膜などの感覚器からの感覚入力を基に、変化する外界の状況を推定・予測している。動物が行動する過程で、網膜上に映る像は自らの眼球や身体の動きにより変化する。そのため動物は、自らの運動による網膜像の変化と、物体や風景の動きを区別し、外界と自らの空間的関係を正しく認識する必要がある。このような機能を実現するためには、空間視知覚と運動情報の適切な統合が必要である。このような視覚的な空間認知を担う機能は、視覚と運動に関わる脳領野が階層的なネットワークを形成し、協調して働くことで成立すると考えられる。しかし、その神経回路基盤は未だに解明されていない。そこで本研究は、脳を予測器として捉え、視覚と運動の連関に着目し、計算理論である予測符号化の脳内実装およびそのアルゴリズムを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

C57BL/6J マウスをトレッドミル上に頭部固定し、マウスの視野をカバーするようにディスプレイで囲んだ。トレッドミルの回転速度に合わせてリアルタイムに視覚的フィードバックを与え、マウスにとって仮想的な空間で運動しているかのような Virtual Reality (VR) 環境を構築した。血液脳関門通過型カプシドの PHP.eB を用いたアデノ随伴ウイルスベクターにより、大脳皮質全域にカルシウム感受性緑色蛍光タンパク質である jRCaMP7f を導入した。領域レベルでの神経活動を評価するために、VR 環境下でマウス背側大脳皮質から広域 Ca^{2+} イメージングを行った。さらに、細胞レベルでの神経活動を評価するために、頭部固定マウスより 2 光子 Ca^{2+} イメージングあるいはマルチチャネルの電気生理学的計測を行った。特定の経路の役割を明らかにするために、逆行性ウイルスを組み合わせることで投射先特異的にニューロンを標識し、2 光子イメージングあるいは光遺伝学的活動操作を行った。また、視覚野および各高次視覚野などの大脳皮質領野は、C57BL/6J マウスの大脳皮質から内因性シグナルイメージングを行い、レチノトピックマップおよび Allen Mouse Brain Common Coordinate Framework (CCFv3) に基づいて同定した。

4. 研究成果

予測符号化では、脳は予測誤差を最小化するように情報を表現すると考えられるが、その脳内実装は明らかになっていない。そこで本研究では、予測符号化の脳内実装を明らかにするために、視覚と運動の予想誤差に着目した。マウスにおける視覚と運動の連合機能を調べるために、マウスの運動と視覚的フィードバックの対応関係を任意に統制できる VR を構築し、視覚と運動のずれを任意に作り、マウスに呈示し、その際の神経活動を評価した。視覚・運動情報の統合を担う脳領域を大域的に探索する目的で、VR 環境下でマウス背側大脳皮質から広域 Ca^{2+} イメージングを行った。その結果、視覚と運動のミスマッチを提示直後に初期視覚野や背側高次視覚野の複数の領野などが強く活動することを見出した。ミスマッチ中の神経活動における因果解析や、大脳皮質の領野間結合の解剖学的な解析により、大脳皮質の領野間の相互作用が示唆された。低次の領野から高次の領野への視覚運動予測誤差の伝達が生じた経路に対して、逆行性感染ウイルスベクターを用いて経路特異的に標識して、2 光子 Ca^{2+} イメージングを行った。その結果、投射ニューロンは細胞レベルでも視覚運動ミスマッチに対して応答することが明らかになった。

さらに、低次の領野から高次の領野への投射ニューロンの役割を明らかにするために、低次の領野から高次の領野への投射ニューロンにウイルスベクターの組み合わせにより **GtACR2** を導入し活動抑制した時のマウスの行動変化を評価した。光照射により次の領野から高次の領野への投射ニューロンの活動を抑制したところ、視覚運動ミスマッチにより引き起こされる瞳孔変化が抑制された。さらに、細胞外電位記録法を実施し、視覚運動予測誤差刺激を提示した際の個々の細胞の神経活動を記録した。内因性信号光計測法により大脳皮質領野を同定した後、各領域の神経活動を記録し、細胞レベルでの予測誤差応答を解析した。イメージングの結果と同様に、予測誤差応答が認められたが、細胞により様々な応答を示すことが明らかになった。状態空間モデルを用いることで、細胞毎の応答性の違いは環境への適応性の違いにより生じることが示唆された。以上本研究では、VR 技術に、ウイルスベクター技術、光学技術、電気生理学的手法、数理モデルを組み合わせることで、予測を送り出す大脳皮質領野に向かって低次領野から高次領野へ、予測誤差が階層的に伝播されることを見出し、予測符号化の階層的な情報処理を担う神経回路基盤が明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Masaki Yuji, Yamaguchi Masahiro, Takeuchi Ryosuke F., Osakada Fumitaka | 4. 巻 178 |
| 2. 論文標題 Monosynaptic rabies virus tracing from projection-targeted single neurons | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Neuroscience Research | 6. 最初と最後の頁 20 ~ 32 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2022.01.007 | 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 Kei N., Isobe Keisuke, Osakada Fumitaka | 4. 巻 179 |
| 2. 論文標題 Fast z-focus controlling and multiplexing strategies for multiplane two-photon imaging of neural dynamics | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Neuroscience Research | 6. 最初と最後の頁 15 ~ 23 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2022.03.007 | 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 Yamaguchi Masahiro, Iwata Moe, Kamaguchi Riki, Osakada Fumitaka | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Generation and Application of Engineered Rabies Viral Vectors for Neural Circuit Research | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Vectorology for Optogenetics and Chemogenetics | 6. 最初と最後の頁 51 ~ 75 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-2918-5_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 Kodera Tomoki, Takeuchi Ryosuke F., Takahashi Sara, Suzuki Keiichiro, Kassai Hidetoshi, Aiba Atsu, Shiozawa Seiji, Okano Hideyuki, Osakada Fumitaka | 4. 巻 657 |
| 2. 論文標題 Modeling the marmoset brain using embryonic stem cell-derived cerebral assembloids | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications | 6. 最初と最後の頁 119 ~ 127 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2023.03.019 | 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 小坂田 文隆 | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 ヒトiPS細胞由来網膜色素上皮細胞を葉にするために 一細胞医薬品におけるバラツキの克服 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ファルマシア | 6. 最初と最後の頁 1046-1050 |
| 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 小寺 知輝, 小坂田 文隆 | 4. 巻 158 |
| 2. 論文標題 異分野融合が切り拓く脳オルガノイド生物学 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 日本薬理学雑誌 | 6. 最初と最後の頁 64-70 |
| 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 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Ito Arisa, Ye Ke, Onda Masanari, Morimoto Nao, Osakada Fumitaka | 4. 巻 552 |
| 2. 論文標題 Efficient and robust induction of retinal pigment epithelium cells by tankyrase inhibition regardless of the differentiation propensity of human induced pluripotent stem cells | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications | 6. 最初と最後の頁 66~72 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2021.03.012 | 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 Onda Masanari, Takeuchi Ryosuke F., Isobe Keisuke, Suzuki Toshiaki, Masaki Yuji, Morimoto Nao, Osakada Fumitaka | 4. 巻 171 |
| 2. 論文標題 Temporally multiplexed dual-plane imaging of neural activity with four-dimensional precision | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Neuroscience Research | 6. 最初と最後の頁 9~18 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2021.02.001 | 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 小坂田 文隆. | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 あいまい環境に対峙する脳・生命体の情報獲得戦略の解明 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Neuroscience News | 6. 最初と最後の頁 31-33 |
| 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 小坂田 文隆. | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 脳機能の理解と中枢神経系疾患の克服を目指した多分野融合薬理学研究 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 最先端ナノライフシステム研究 | 6. 最初と最後の頁 138-146 |
| 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 佐藤 彰典, 竹内 遼介, 小坂田 文隆 | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 背側視覚経路の機能と回路構造 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Clinical Neuroscience | 6. 最初と最後の頁 21-25 |
| 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 Masahiro Yamaguchi, Moe Iwata, Riki Kamaguchi, Fumitaka Osakada, | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Generation and Application of Engineered Rabies Viral Vectors for Neural Circuit Research | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Neuromethods | 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 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 Iwata Moe, Kawabata Ryoko, Morimoto Nao, Takeuchi Ryosuke F., Sakaguchi Takemasa, Irie Takashi, Osakada Fumitaka | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Evolutionary engineering and characterization of Sendai virus mutants capable of persistent infection and autonomous production | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Virology | 6. 最初と最後の頁 1363092 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fviro.2024.1363092 | 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 Kamaguchi Riki, Osakada Fumitaka | 4. 巻 30 |
| 2. 論文標題 狂犬病ウイルストレーシングを用いたマルチスケール神経回路解析 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 The Brain & Neural Networks | 6. 最初と最後の頁 56 ~ 65 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3902/jnns.30.56 | 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 竹内遼介、小坂田文隆 | 4. 巻 286 |
| 2. 論文標題 神経回路機能解析のための細胞種特異的な標識と光学イメージング | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 医学のあゆみ | 6. 最初と最後の頁 372-379 |
| 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39件 (うち招待講演 20件 / うち国際学会 1件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tomoki Kodera, Taiki Hara, Nao Morimoto, Ryosuke Takeuchi, Fumitaka Osakada |
| 2. 発表標題 An in vitro non-human primate brain model using assembloids derived from embryonic stem cells |
| 3. 学会等名 Neuro2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤 彰典、竹内 遼介、伊藤 慶、山口 真広、小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 The dynamics of acetylcholine in the whole cortex of the mouse during visual decision-making |
| 3. 学会等名 Neuro2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 竹内 遼介、上田 瑠南、正木 佑治、伊藤 慶、山口 真広、小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 マウス後部帯状皮質におけるサブドメインの同定; マクロ機能イメージングと狂犬病ウイルスベクターによるアプローチ. |
| 3. 学会等名 Neuro2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮田零士, 伊藤慶, 山口真広, 佐藤彰典, 竹内遼介, 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 視覚予測誤差情報処理における抑制性神経細胞を介した神経回路メカニズムの解明 |
| 3. 学会等名 視覚科学フォーラム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩田萌, 川端涼子, 坂口剛正, 入江崇, 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 センダイウイルスの持続感染性獲得メカニズムの解明 |
| 3. 学会等名 第69回日本ウイルス学会学術集会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kazuyoshi Miwa, Moe iwata, Ryosuke F. Takeuchi, Fumitaka Osakada |
| 2. 発表標題 Construction of a novel Sendai virus vector for neural circuit analysis |
| 3. 学会等名 日本薬理学会関東部会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小寺 知輝, 竹内 遼介, 佐藤 彰典, 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 霊長類ES細胞由来オルガノイド複合体を用いた脳モデルの構築と病態モデルへの応用 |
| 3. 学会等名 第22回日本再生医療学会総会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西村 優利, 小寺 知輝, 佐藤 彰典, 竹内 遼介, 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 脳オルガノイドを用いた ヒト視床-大脳皮質神経回路のin vitro 再構築 |
| 3. 学会等名 第22回日本再生医療学会総会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 高橋 紗良, 小寺 知輝, 佐藤 彰典, 竹内 遼介, 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 マームセット胚性幹細胞から大脳基底核オルガノイドへの分化誘導法の確立 |
| 3. 学会等名 第22回日本再生医療学会総会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田中雅浩, 竹本悠人, 西村優利, 佐藤彰典, 竹内遼介, 加藤竜司, 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 ヒトiPS 細胞由来網膜色素上皮細胞の非侵襲的な分化誘導効率予測モデルの構築 |
| 3. 学会等名 第22回日本再生医療学会総会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 脳を知り、作り、操ることで、新たな治療を目指す |
| 3. 学会等名 基盤生物化学特論 (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 脳機能の理解と新規治療法の開発を目指して |
| 3. 学会等名 iGCOREセミナー (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 視覚運動連関を担う予測処理の解明 |
| 3. 学会等名 リエゾンラボ炎症シンポジウム (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 サルおよびヒトの多能性幹細胞を用いた脳オルガノイド研究 |
| 3. 学会等名 動物実験代替法学会（招待講演） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 視覚運動予測誤差を処理する大脳皮質の階層ネットワーク |
| 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 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 視覚運動連関を担う神経回路と予測符号化 |
| 3. 学会等名 あいまい脳第3回領域会議（招待講演） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 脳機能の理解と新規治療戦略の創出を目指して |
| 3. 学会等名 量子制御生命研究会（招待講演） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小坂田 文隆 |
| 2. 発表標題 視覚運動連関を担う神経回路と予測符号化 |
| 3. 学会等名 日本医学会連合Rising Starリトリート（招待講演） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山口真広、恩田将成、正木佑治、竹内遼介、森本菜央、小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 低毒化G欠損狂犬病ウイルスベクターの開発 |
| 3. 学会等名 第139回日本薬理学会近畿部会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kentaro Ibuka, Ryosuke F. Takeuchi, Akinori Y. Sato, Kei N. Ito, Masahiro Yamaguchi and Fumitaka Osakada |
| 2. 発表標題 Development of a novel Brain-Machine Interface by wide-field microscopy. |
| 3. 学会等名 第95回日本薬理学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Rumina Ueda, Yuji Masaki, Masahiro Yamaguchi, Ryosuke Takeuchi, Fumitaka Osakada. |
| 2. 発表標題 Anatomical identification of segregated network modules of the retrosplenial cortex along the cingulate cortex |
| 3. 学会等名 第95回日本薬理学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Masatoshi Nishimura, Tomoki Kodera, Fumitaka Osakada. |
| 2. 発表標題 An in vitro model of thalamocortical and corticothalamic interactions using human induced pluripotent stem cells. |
| 3. 学会等名 第95回日本薬理学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuji Masaki, Masahiro Yamaguchi, Ryosuke Takeuchi, Fumitaka Osakada |
| 2. 発表標題 Monosynaptic rabies virus tracing from projection-targeted single neurons |
| 3. 学会等名 日本生理学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Akinori Y. Sato, Ryosuke F. Takeuchi, Kei N. Ito, Masahiro Yamaguchi, Fumitaka Osakada |
| 2. 発表標題 The dynamics of acetylcholine in the whole cortex of the mouse performing the visual detection task |
| 3. 学会等名 日本生理学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 釜口力、田村朋則、森本菜央、浜地格、小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 標的受容体発現ニューロンに特異的なウイルスベクター標識法の開発 |
| 3. 学会等名 日本薬学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 竹内遼介、伊藤慶、上田るみな、山口真広、小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 Distributed encoding of visuomotor mismatch signals through posterior cortical circuits |
| 3. 学会等名 第44回日本神経科学大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 竹内遼介、伊藤慶、上田るみな、山口真広、小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 Posterior cortical networks hierarchically encode visuomotor error signals |
| 3. 学会等名 生理研研究会『大脳皮質を中心とした神経回路：構造と機能、その作動原理』 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 視覚と運動の統合メカニズムの解明と再生医療等製品の開発を目指して |
| 3. 学会等名 iSeminar (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 新規治療戦略の創出を目指した幹細胞および神経回路研究 |
| 3. 学会等名 医歯学総合研究科大学院セミナー (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 Hierarchical processing of visuomotor error signals in posterior cortical networks |
| 3. 学会等名 遺伝研研究会「哺乳類脳の機能的神経回路の構築メカニズム」(招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 空間視知覚を担う視覚背側経路の予測処理 |
| 3. 学会等名 第39回埼玉認知症研究会(招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 Imaging, viral, and machine learning approaches in stem cell biology |
| 3. 学会等名 第95回日本薬理学会(招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 Evaluation of cell products and brain functions with optical imaging |
| 3. 学会等名 日本再生医療学会(招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 予測情報処理の脳内メカニズムの解明に向けて |
| 3. 学会等名 Neuroscience Institute セミナー（招待講演） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Fumitaka Osakada |
| 2. 発表標題 Rabies viral tracing in the mouse visual system and human brain organoids |
| 3. 学会等名 The 16th Annual Meeting of Chinese Neuroscience Society & The 2nd CJK International Meeting（招待講演）（国際学会） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 予測情報処理の脳内基盤の解明に向けて |
| 3. 学会等名 第 73 回脳の医学・生物学研究会（招待講演） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 高次脳機能研究の最先端：新時代の研究手法と多角的な理解 |
| 3. 学会等名 第15回 脳科学若手の会 関西支部会セミナー（招待講演） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 あいまい環境に対峙する 脳・生命体の情報獲得戦略の解明 |
| 3. 学会等名 日本神経回路学会（招待講演） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小坂田文隆 |
| 2. 発表標題 オルガノイドを用いた大脳皮質神経回路の構成的理解に向けて |
| 3. 学会等名 日本生理学会（招待講演） |
| 4. 発表年 2024年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| 「あいまい脳」領域HP https://sites.google.com/view/aimai-brain/ |
|--|

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