

令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H01131

研究課題名（和文）場所細胞活動のリプレイを活用したエピソード記憶メカニズムの理解

研究課題名（英文）Understanding episodic memory mechanisms using replay of place cell activity sequences

研究代表者

高橋 晋（Takahashi, Susumu）

同志社大学・脳科学研究科・教授

研究者番号：20510960

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 30,800,000円

研究成果の概要（和文）：海馬内のシータ帯域とガンマ帯域の局所脳波間の連関が記憶の想起に深く関与することなど、多数の報告をすることができた。リプレイ現象を操作するための技術開発においては、電気生理学的記録法と光遺伝学を活用した神経刺激法それぞれにおいて、飛躍的な進展があり、国際学術誌を含む多数の研究成果を報告することができた。更に、それらの手法をリアルタイムに直結することで、ターゲットとなる神経細胞の活動を選択的かつリアルタイムに変容させることに成功した。加えて、エピソード記憶の想起メカニズムを調べるため、同一の外部環境下で複数のエピソードを経験させる課題を構築するための再構成可能な迷路を独自に開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、エピソードを含む記憶の想起に深く関与する脳部位や神経伝達物質を明らかにしたとて、エピソード記憶の神経基盤に関する新たな知見を提供した。また、神経細胞活動をリアルタイムで変容する技術を開発したことで、将来的に認知障害の治療法開発に寄与する可能性を示すことができた。さらに、同一環境下で複数のエピソードを経験させる再構成可能な迷路は、神経科学や行動科学研究に幅広く活用可能であり、生物学基礎研究に再現性や信頼性のある実験をもたらす可能性がある。

研究成果の概要（英文）：We could report numerous findings, including the deep involvement of the correlation between theta and gamma bands of local field potentials within the hippocampus in memory recall. In the development of techniques to manipulate replay phenomena, there have been remarkable advancements in both electrophysiological recording methods and optogenetics-based neural stimulation methods, resulting in many research findings published in international scientific journals. Furthermore, by integrating these methods in real-time, we succeeded in selectively and in real-time altering the activity of targeted neurons. Additionally, to investigate the mechanism of episodic memory recall, we independently developed a reconfigurable maze designed to construct tasks that allow multiple episodes to be experienced in the same external environment.

研究分野：認知脳科学

キーワード：場所細胞

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では、動物が道に迷い静止した際に、海馬の場所細胞が移動中の約 10 倍速の早送りモードで再活性化される「リプレイ」現象に着目し、そのリプレイと、そこで表現されるエピソード記憶の因果関係を解明することを目的とした。具体的には、独自の電気生理学的記録法で多数の神経細胞活動を同時に記録し、光遺伝学に基づく神経刺激法で細胞種選択的に脳内へ介入することで、エピソード記憶を想起するメカニズムを、従来不可能であった神経細胞レベルで実証することを目指した。本研究では、認知神経科学、情報工学、電気生理学、光遺伝学を融合し、神経細胞活動が表現するエピソードの記憶を操作する独創的な技術を開発することから、その波及効果は、認知・記憶・学習に関する新たな認知神経科学的知見の提供から、それを活用した認知障害の治療法の開発にまで及ぶ。

### 2. 研究の目的

海馬を損傷した患者は、事実や出来事などの意識的想起を必要とする宣言的記憶において、意味記憶は良好であるが、「いつ、どこで、なにを、どのようにして」という一連の文脈を伴うエピソード記憶に障害を呈する。このため、海馬はエピソード記憶やその想起に深く関与すると考えられている。一方、海馬には、動物が特定の位置を通過するとき高頻度に活動する錐体細胞 場所細胞(Place cell) が発見され、ヒトにおいてもその存在が確認されている。海馬は、エピソード記憶の主要素である位置情報を表現しているだけなのだろうか？

研究代表者は、ラットに迷路上で 3 種類の記憶課題を連続的に課し、「いつ、どこで」という時空間的文脈を伴う道程と、「どのようにして」課題を遂行するという課題の違いを調べたところ、場所細胞は、道程の違いに合わせて活動する位置を変化させ、課題の違いに合わせて活動頻度を変化させることを明らかにした【Takahashi, eLife, 2013】。

一方、場所細胞は動物が静止している際にも活動している。その際の活動パターンは、走っている場所を確認できるほど正確で、場所細胞が静止に先立つ移動期間に生じた活動と同じシーケンスを、約 10 倍速の早送りモードで再活性化しているため、「リプレイ」と呼ばれている(Carr et. al, Nature Neurosci., 2011)。そこで研究代表者は、上記課題を遂行中のリプレイ現象を検証したところ、場所細胞は、移動中の約 10 倍速の早送りモードで活動し、道程と課題の違いをそれぞれ活動位置と頻度により表現することを明らかにした【Takahashi, eLife, 2015】。すなわち、場所細胞活動のリプレイは、「いつ、どこで、どのようにして」という一連の出来事であるエピソードの記憶を再生している。しかしこの結果は、相関関係を示しているにすぎず、因果関係があるとは断定できない。

そこで本研究では、これまでに研究代表者が築き上げてきた独自技術、すなわちニューロン活動のリアルタイム・フィードバック制御技術、独立成分分析を活用したニューロン活動分離手法、12 本一組のマイクロワイヤーから成る特殊電極、3 次元プリント技術を活用した特殊装具等【Takahashi et al., Journal of Neurophysiology, 2003; Neuroscience, 2005; European Journal of Neuroscience, 2007; 高橋晋ら,特開 2006-271876, 特開 2006-296509; 高橋晋,特許第 5771437 号,特願 2017-252076】を統合し、更に最近習得した光遺伝学による細胞種特異的な神経刺激法【Mizutani et al., Brain Structure and Function, 2017】を融合する。そして、その先端的手法を活用し、脳神経細胞活動をリアルタイムに解読・操作することで、場所細胞活動のリプレイと、そこで表現されるエピソード記憶の内容の因果関係を、従来不可能であった神経細胞レベルの脳活動動態として解明する。

### 3. 研究の方法

本研究では、(A)課題遂行中のラット/マウスの海馬から複数の場所細胞活動を同時に記録し、場所細胞活動のリプレイを瞬時に検出する。そして、(B)リプレイ中に場所細胞活動が表現するエピソード記憶の再生内容を解読する。更に、(C)場所細胞を興奮あるいは抑制することで、目標となるエピソードを表現するリプレイだけを選択的に操作する。(D)最終的に、リプレイの操作と、それにより誘起される動物行動との因果関係を行動学的に分析し、エピソード記憶の脳内神経機構について考察する。

### 4. 研究成果

本研究では、海馬の場所細胞が再活性化される「リプレイ」現象に着目し、そこで表現されるエピソード記憶の想起過程を解明することを目指した。

これまでに、海馬内のシータ帯域とガンマ帯域の局所脳波間の連関が記憶の想起に深く関与することなど【Nakazono et al., *Neurosci.*, 2019 等】、多数の報告をすることができた。数十ミリ秒内に再活性化されるリプレイ現象を操作するための技術開発においては、電気生理学的記録法と光遺伝学を活用した神経刺激法それぞれにおいて、飛躍的な進展があり、国際学術誌を含む多数の研究成果を報告することができた【Tamatsu et al., *iScience*, 2023; Karube et al., *eLife*, 2019】(図1)。更に、それらの手法をリアルタイムに直結することで、ターゲットとなる神経細胞の活動を選択的かつリアルタイムに変容させることに成功した【Song et al., *Neurosci. Research*, 2019】。エピソード記憶の想起メカニズムを調べるためには、これらに加えて、同一の外部環境下で複数のエピソードを経験させる課題を構築する必要があるが、そのための再構成可能な迷路【Hoshino et al., *iScience*, 2020; Sawatani et al., *JoVE*, 2022】を独自に開発した。他に、神経細胞活動を無線記録する手法を開発し活用することで、海馬の神経細胞がゴール方向を表現することも明らかにした【Takahashi et al., *Science Adv.*, 2022; Takahashi et al., *Animal Biotech.*, 2021】。共同研究成果により、動物行動特徴の自動的な同定や、その同定した特徴的行動に合わせたエピソードの呈示が可能となった【Maekawa et al., *Nature Comm.*, 2020; Maekawa et al., *Nature Comm.*, 2021】。

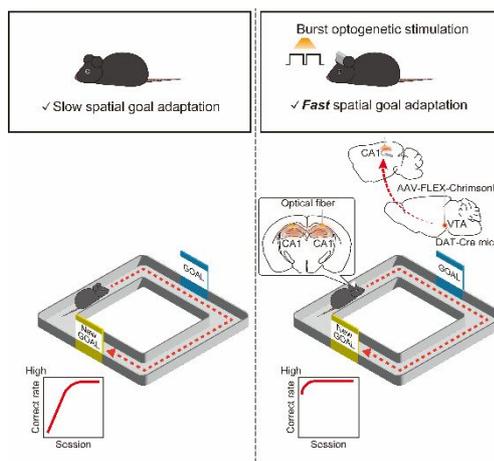


図1. 海馬内のVTA由来ドーパミン軸索を選択的に刺激すると、エピソード想起が促進される(Tamatsu et al., *iScience*, 2023)

#### <引用文献>

1. Tamatsu, Y., Azechi, H., Takahashi, R., Sawatani, F., Ide, K., Fujiyama, F., Takahashi, S., "Optogenetic activation of the VTA-hippocampal pathway facilitates rapid adaptation to changes in spatial goals", *iScience*, 26, 108536, 2023.
2. Sawatani, F., Tamatsu, Y., Ide, K., Azechi, H., Takahashi, S., "Utilizing a Reconfigurable Maze System to Enhance the Reproducibility of Spatial Navigation Tests in Rodents", *Journal of Visualized Experiments*, 190, e64754, 2022.
3. Takahashi, S., Hombe, T., Matsumoto, S., Ide, K., Yoda, K., "Head direction cells in a migratory bird prefer north", *Science Advances*, 8, eabl6848, 2022. Maekawa, T., Higashide, D., Hara, T., Matsumura, K., Ide, K., Miyatake, T., Kimura, K., Takahashi, S., "Cross-species Behavior Analysis with Attention-based Domain-adversarial Deep Neural Networks", *Nature Communications*, 12, 5519, 2021.
4. Takahashi, S., Hombe, T., Takahashi, R., Ide, K., Okamoto, S., Yoda, K., Kitagawa, T., Makiguchi, Y., "Wireless logging of extracellular neuronal activity in the telencephalon of free-swimming salmonids", *Animal Biotelemetry*, 9:9, 2021.
5. Maekawa, T., Ohara, K., Zhang, Y., Fukutomi, M., Matsumoto, S., Matsumura, K., Shidara, H., Yamazaki, S., Fujisawa, R., Ide, K., Nagaya, N., Yamazaki, K., Koike, S., Miyatake, T., Kimura, K., Ogawa, H., Takahashi, S., Yoda, K., "Deep Learning-assisted Comparative Analysis of Animal Trajectories with DeepHL", *Nature Communications*, 11, 5316, 2020.
6. Hoshino, S., Takahashi, R., Mieno, K., Tamatsu, Y., Azechi, H., Ide, K., Takahashi, S., "The reconfigurable maze provides flexible, scalable, reproducible and repeatable tests", *iScience*, Volume 23, Issue 1, 2020. DOI:https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.100787.
7. Karube, F., Takahashi, S., Kobayashi, K., Fujiyama, F., "Motor cortex can directly drive the globus pallidus neurons in a projection neuron type-dependent manner in the rat", *eLife*, 2019.
8. Nakazono, T., Takahashi, S., Sakurai, Y., "Enhanced theta and high-gamma coupling during late stage of rule switching task in rat hippocampus", *Neuroscience*, 412:216-232, 2019.
9. Song, K., Takahashi, S., Sakurai, Y., "Reinforcement schedules differentially affect learning in neuronal operant conditioning in rats", *Neuroscience Research*, S0168-0102(19)30138-5. doi: 10.1016/j.neures.2019.04.003. 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Tamatsu Yuta, Azechi Hirotsugu, Takahashi Riku, Sawatani Fumiya, Ide Kaoru, Fujiyama Fumino, Takahashi Susumu	4. 巻 26
2. 論文標題 Optogenetic activation of the ventral tegmental area-hippocampal pathway facilitates rapid adaptation to changes in spatial goals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 108536 ~ 108536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2023.108536	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 Sawatani Fumiya, Tamatsu Yuta, Ide Kaoru, Azechi Hirotsugu, Takahashi Susumu	4. 巻 -
2. 論文標題 Utilizing a Reconfigurable Maze System to Enhance the Reproducibility of Spatial Navigation Tests in Rodents	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	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) 10.3791/64754	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 Sawatani Fumiya, Ide Kaoru, Takahashi Susumu	4. 巻 199
2. 論文標題 The neural representation of time distributed across multiple brain regions differs between implicit and explicit time demands	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neurobiology of Learning and Memory	6. 最初と最後の頁 107731 ~ 107731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nlm.2023.107731	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 Ide Kaoru, Takahashi Susumu	4. 巻 13
2. 論文標題 A Review of Neurologgers for Extracellular Recording of Neuronal Activity in the Brain of Freely Behaving Wild Animals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 1529 ~ 1529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi13091529	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 Susumu Takahashi, Takumi Hombe, Sakiko Matsumoto, Kaoru Ide, Ken Yoda	4. 巻 8
2. 論文標題 Head direction cells in a migratory bird prefer north	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science Advances	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) 10.1126/sciadv.abl6848	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 澤谷郁哉、井出薫、高橋晋	4. 巻 40
2. 論文標題 海馬の場所細胞と嗅内皮質の格子細胞における空間情報処理	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Clinical Neuroscience	6. 最初と最後の頁 42 - 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 Keisuke Fujii, Naoya Takeishi, Kazushi Tsutsui, Emyo Fujioka, Nozomi Nishiumi, Ryoya Tanaka, Mika Fukushima, Kaoru Ide, Hiroyoshi Kohno, Ken Yoda, Susumu Takahashi, Shizuko Hiryu, Yoshinobu Kawahara	4. 巻 34
2. 論文標題 Learning interaction rules from multi-animal trajectories via augmented behavioral models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS'21)	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Maekawa Takuya, Higashide Daiki, Hara Takahiro, Matsumura Kentarou, Ide Kaoru, Miyatake Takahisa, Kimura Koutarou D., Takahashi Susumu	4. 巻 12
2. 論文標題 Cross-species behavior analysis with attention-based domain-adversarial deep neural networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	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/s41467-021-25636-x	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 Takahashi Susumu, Hombé Takumi, Takahashi Riku, Ide Kaoru, Okamoto Shinichiro, Yoda Ken, Kitagawa Takashi, Makiguchi Yuya	4. 巻 9
2. 論文標題 Wireless logging of extracellular neuronal activity in the telencephalon of free-swimming salmonids	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Animal Biotelemetry	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) 10.1186/s40317-021-00232-4	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 -

1. 著者名 Song Kichan, Takahashi Susumu, Sakurai Yoshio	4. 巻 153
2. 論文標題 Reinforcement schedules differentially affect learning in neuronal operant conditioning in rats	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 62 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2019.04.003	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 Hoshino Satoshi, Takahashi Riku, Mieno Kana, Tamatsu Yuta, Azechi Hirotsugu, Ide Kaoru, Takahashi Susumu	4. 巻 23
2. 論文標題 The Reconfigurable Maze Provides Flexible, Scalable, Reproducible, and Repeatable Tests	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 100787 ~ 100787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2019.100787	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 Karube, F., Takahashi, S., Kobayashi, K., Fujiyama, F.	4. 巻 8:e49511
2. 論文標題 Motor cortex can directly drive the globus pallidus neurons in a projection neuron type-dependent manner in the rat	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 1-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.49511	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 Nakazono, T., Takahashi, S., Sakurai, Y.	4. 巻 412
2. 論文標題 Enhanced theta and high-gamma coupling during late stage of rule switching task in rat hippocampus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 216-232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroscience.2019.05.053.	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 Song, K., Takahashi, S., Sakurai, Y.,	4. 巻 153
2. 論文標題 Reinforcement schedules differentially affect learning in neuronal operant conditioning in rats"	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 62-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2019.04.003.	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 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 高橋 晋、本部 拓未、松本 祥子、井出 薫、依田 憲
2. 発表標題 渡り鳥の幼鳥の内側外套にある頭方位細胞は北方位を好む
3. 学会等名 NEURO2022 (第45回日本神経科学大会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三重野 華菜、井出 薫、高橋 晋
2. 発表標題 海馬における経路初期化表現
3. 学会等名 NEURO2022 (第45回日本神経科学大会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤谷 郁哉、畦地 裕統、井出 薫、高橋 晋
2. 発表標題 海馬における自発的な計時行動の神経相関
3. 学会等名 NEURO2022 (第45回日本神経科学大会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 玉津 裕太、高橋 陸、畦地 裕統、井出 薫、高橋 晋
2. 発表標題 VTAからのドーパミンがマウスのナビゲーション行動時の学習に与える影響
3. 学会等名 NEURO2022 (第45回日本神経科学大会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. TAMATSU, R. TAKAHASHI, H. AZECHI, K. IDE, S. TAKAHASHI
2. 発表標題 Role of VTA dopaminergic input to the hippocampus for novel learning during spatial navigation
3. 学会等名 Society for Neuroscience 51st Annual Meetings(SfN2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 F. SAWATANI, H. AZECHI, K. IDE, S. TAKAHASHI
2. 発表標題 Representation of active time perception in the hippocampal CA1 neurons
3. 学会等名 Society for Neuroscience 51st Annual Meetings(SfN2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤谷 郁哉、井出 薫、畦地 裕統、高橋 晋
2. 発表標題 Coding of elapsed time in the hippocampal CA1 of rats during a timeestimation task performance
3. 学会等名 日本生理学会第100回記念大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋 晋
2. 発表標題 Representation of space and time in the avian hippocampus
3. 学会等名 日本生理学会第100回記念大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井出 薫, 岡本 慎一郎, 依田 憲, 北川 貴士, 牧口 祐也, 高橋 晋
2. 発表標題 A wireless recording system of extracellular neuronal activity in the telencephalon of free-swimming salmonids
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会、第1回CJK国際大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 晋, 本部 拓未, 松本 祥子, 井出 薫, 依田 憲
2. 発表標題 渡りをする海鳥幼鳥の内側外套にあるグリッド細胞
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会、第1回CJK国際大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三重野 華菜, 井出 薫, 高橋 晋
2. 発表標題 Elucidation of the mechanism of spatiotemporal information representation by manipulating place cells and time cells
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会、第1回CJK国際大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井 慶輔, 武石 直也, 筒井 和詩, 藤岡 慧明, 西海 望, 田中 良弥, 福代 三華, 井出 薫, 河野 裕美, 高橋 晋, 依田 憲, 飛龍 志津子, 河原 吉伸
2. 発表標題 生物集団の軌跡から相互作用の規則を学習するための拡張行動モデル
3. 学会等名 第24回情報論的学習理論ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三重野 華菜, 星野 諭, 井出 薫, 高橋 晋
2. 発表標題 Similarity of the function between time cell and place cell
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会 (web開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 晋
2. 発表標題 Deciphering the code in the medial pallium of migratory seabirds
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会 (web開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 苅部 冬紀, 高橋 晋, 小林 憲太, 藤山 文乃
2. 発表標題 大脳皮質から淡蒼球外節へ投射する錐体細胞とそのシナプス標的
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会 (web開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井出 薫, 本部 拓未, 岡本 慎一郎, 松本 祥子, 依田 憲, 牧口 祐也, 高橋 晋
2. 発表標題 歩行する海鳥および遊泳するサケ科魚類の脳における空間ナビゲーションの神経相関
3. 学会等名 NEURO2019 (第42回日本神経科学大会、第62回日本神経化学学会大会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 晋, 星野 諭, 井出 薫
2. 発表標題 再構成可能な迷路は記憶学習研究のための繰り返し精度の高い再現性を有するテストを提供する
3. 学会等名 NEURO2019 (第42回日本神経科学大会、第62回日本神経化学学会大会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 陸, 玉津 裕太, 井出 薫, 高橋 晋
2. 発表標題 マウス用に開発された再構成可能な迷路における移動軌跡の解析
3. 学会等名 NEURO2019 (第42回日本神経科学大会、第62回日本神経化学学会大会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三重野 華菜, 星野 諭, 井出 薫, 高橋 晋
2. 発表標題 同一実験室内における様々な迷路上での場所細胞の神経活動
3. 学会等名 第97回 日本生理学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田明、高橋晋
2. 発表標題 Patterned silencing of parvalbumin neurons in rodent visual cortex
3. 学会等名 APCV2019, Osaka (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田明、高橋晋
2. 発表標題 Cell-type specific cortical stimulations by red-shift light with lens optics
3. 学会等名 The Eye and Chip 2019, Michigan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田明、高橋晋
2. 発表標題 Visual restoration based on optogenetic silencing of parvalbumin neurons in visual cortex
3. 学会等名 CiNet Conference: Brain-Machine Interface, Osaka (国際学会)
4. 発表年 2019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	藤山 文乃 (Fujiyama Fumino)  (20244022)	北海道大学・医学研究院・教授  (10101)	
研究分担者	苅部 冬紀 (Karube Fuyuki)  (60312279)	北海道大学・医学研究院・助教  (10101)	
研究分担者	井出 薫 (Ide Kaoru)  (90806671)	同志社大学・研究開発推進機構・助教  (34310)	

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