

令和 3 年 4 月 22 日現在

機関番号：34310

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06543

研究課題名（和文）ラットの神経回路基盤同定による地図記憶参照型ナビゲーションの機能解明

研究課題名（英文）Understanding the map-based navigation system in the hippocampus of rats

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） 77,900,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、迷路を構成する通路、センサ、可動壁、給餌器、トレッドミルなどの構成要素を自在に再構成可能な迷路を開発した。また、室内外で脳神経活動を記録可能なロガーシステムを構築した。これらのツールを活用し、げっ歯類におけるナビゲーション理解を進展させるとともに、オオミズナギドリ（*Phoebastria immutabilis*）の終脳背内側後部からグリッド細胞を発見した。加えて、サケ科魚類（ニジマス）の終脳から頭方位細胞を発見した。ナビゲーション移動分析法DeepHLの開発に貢献し、運動障害を特定することが可能な特徴的な移動行動が、ある一定時間の最大移動距離に現れることを発見することができた。これらの成果により、ナビゲーション理解を促進した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した再構成可能な迷路や無線神経活動ロガーは、それぞれ独創性を備えた技術である。そのような認知神経科学、情報工学、実験心理学という異なる研究分野に加え、本領域内の共同研究により生態学、制御工学、データ科学分野を、ナビゲーション機能を系統的に理解するという一つの具体的な目標の実現に向け融合させたという点で、本計画研究は世界的にも例のない極めて独創的な試みと言える。本研究の成果は、移動障害を行動から検知する見守りシステムや、認知障害発症を予測する早期発見システムの開発に繋がる。更にはカーナビゲーション経路の最適化や、交通渋滞の緩和への応用も期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a maze in which the components of the maze including runways, sensors, movable walls, feeders, and treadmills, can be flexibly reconfigured. In addition, we constructed a logger system that can wirelessly record neuronal activities even outside the laboratory. Using these tools, we have advanced the understanding of spatial navigation in rodents and discovered grid cells in the medial pallium of Streaked shearwaters. Moreover, we discovered head direction cells in the telencephalon of salmonids (trout). We contributed to the development of DeepHL, an animal trajectory analysis method, and were able to discover those characteristic behaviors, which can identify movement disorders, appear in the maximum distance traveled at a certain time. These results have facilitated the understanding of navigation in the research field of Systems Science of Bionavigation.

研究分野：認知神経科学

キーワード：場所細胞

1. 研究開始当初の背景

複雑かつダイナミックに変化する自然環境下において驚異的なナビゲーション能力を誇る動物は、地図を使わずにどのように迷わず餌場を見つけているのだろうか。哺乳類の脳深部にあり記憶を司る海馬には、動物が特定の場所を通過したときに高頻度に活動する神経細胞が発見されており、場所細胞と呼ばれている。この場所細胞活動を手掛かりにすれば、脳神経細胞レベルのナビゲーション原理が明らかになるかもしれない。また、海鳥などの脳内において場所細胞に類する神経細胞を見つけることができれば、渡りといった野生動物が自然界で示す驚異的なナビゲーション能力を解き明かすことができるかもしれない。そこで、本領域の制御工学、データ科学、生態学チームと共同し、計測 分析 理解 検証サイクルを繰り返すことにより、場所細胞が示す地図記憶を手掛かりとして、地図記憶参照型ナビゲーションの機能を明らかにしようと考えた。

2. 研究の目的

- 課題(1): 場所細胞活動と移動行動などを比較検討しながら、地図記憶参照型ナビゲーションの機能を解明する。B01 依田との共同研究により、移動行動する海鳥やサケ科魚類の脳神経細胞活動をも計測し、場所細胞に類する神経細胞を探索する。多種動物に跨り場所細胞活動を比較検討することで、本領域の目的であるナビゲーション機能の統一的理解とその数理モデル化に寄与する。
- 課題(2): ナビゲーション機能の脳内情報処理過程を、A02 前川が開発するデータ駆動型モデルに組み込み、ナビゲーション移動行動を予測することで、ナビゲーションの数理モデル化を促進する。

3. 研究の方法

課題(1) (地図記憶参照型ナビゲーションの機能解明)

ナビ計測、ナビ理解、ナビ検証を進展させるため、自在に形状を再構成することが可能な迷路を開発する。具体的には、迷路を構成する通路、センサ、可動壁、給餌器、トレッドミルなどの構成要素を短時間かつフレキシブルに再構成可能な、繰り返し精度、再現性、拡張性に優れた迷路を開発する。また、無線神経活動ロガー・システムを活用し、実験室内だけではなく、屋外においてもナビゲーション移動に関連する神経細胞の活動パターンと移動行動との対応関係を計測することが可能なシステムを開発する。それらを活用することで、地図記憶参照型ナビゲーションの機能を地図記憶の変化から解明する。また、渡りや母川回帰など、動物が自然界で行う驚異的なナビゲーション機能を解明するためには、生態学の協力が欠かせない。そこで、B01 依田と共同することで生態学と神経科学の異分野融合研究を実施する。歩行中の海鳥から脳神経細胞活動を計測し、頭の向きや移動速度等に関連する神経細胞活動を同定する。加えて、B01 依田分担の牧口と共同することで、遊泳中のマスから脳神経細胞活動を計測し、移動行動に関連する神経細胞活動を同定する。

課題(2) (ナビゲーション機能の数理モデル同定)

ナビゲーション移動行動から様々な移動状態を推定することができれば、その移動状態と神経活動の相関関係や因果関係を調べることができ、地図記憶参照型ナビゲーションの理解が深まる。そこで、A02 前川と共同し、ナビゲーション移動を同定する手法を開発する。

4. 研究成果

本計画研究は、本領域が実施するナビゲーションの計測 分析 理解 検証それぞれの進展に努め、以下に示す成果を得ることができた。以下に詳細を示す。

課題(1) (地図記憶参照型ナビゲーションの機能解明)

本課題では、ナビ計測、ナビ理解、ナビ検証に関わる成果を得ることができた。本研究では、外部環境の変化や神経細胞活動の操作といった介入により、場所細胞の活動を操作することで、ナビゲーションの数理モデルをシステム同定する。そこでまず、ナビ検証のための環境介入装置を開発した。具体的には、迷路を構成する通路、センサ、可動壁、給餌器、トレッドミルなどの構成要素を自在に再構成可能な迷路(図1)を開発し、特許(特願 2017-252076)を出願し、国際誌 *iScience* で報告した。また、

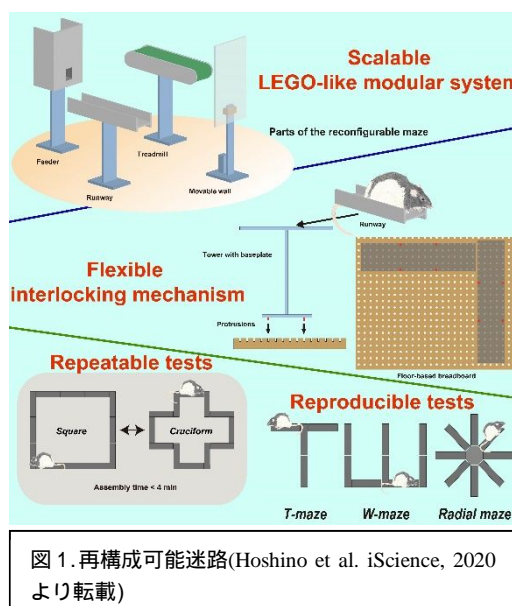


図1. 再構成可能迷路(Hoshino et al. *iScience*, 2020 より転載)

遺伝子組換え技術やオプトジェネティクスを活用することで、神経細胞の活動を操作する神経活動介入にも成功し、その成果は国際誌 *eLife* 等に報告した。加えて、行動計画に関わる記憶の想起に海馬のシータ波が深く関与することを明らかにすることができ (国際誌 *EJN* 掲載)、ナビゲーション移動計画の理解が進展した。

更に、ナビ計測においても大きな進展があった。主要設備として購入した無線神経細胞活動ロガーを活用することで、数時間に渡り神経細胞活動、局所脳波、加速度、ジャイロ、コンパスを同時計測可能な神経活動ロガーシステムを確立することができた。このシステムは、オオミズナギドリ (海鳥) とマス (サケ科魚類) を対象とした生態学と神経科学の異分野融合研究でも活用することができ、異種動物の脳情報を同一装置で計測することができた。

渡りや母川回帰など、動物が自然界で行う驚異的なナビゲーション機能は、ラットやマウスなどの実験動物で調べることは難しい。そこで、ナビゲーション研究用モデル動物として海鳥とサケ科魚類を選定し、B01 依田と共同することで、生態学と神経科学との世界的にも類を見ない異分野融合研究を実施した。

海鳥 (オオミズナギドリ)

オオミズナギドリ専用の手術道具が市販されていないため、まず 3D CAD と 3D プリンタを駆使することで、脳固定装置などの手術器具を開発した。そして、オオミズナギドリの雛の嗅内皮質に相当する終脳背内側後部に電極を留置し、無線神経活動ロガーシステムを活用することで、オープンアリーナを歩行する雛の神経細胞活動を記録した。渡り鳥に関する先行研究 (Rottenborg et al, *Nat. Comm.* 2016) は脳波記録に留まっていたが、本融合研究により神経細胞活動まで記録することが可能となった。その結果、哺乳類以外では世界初となるグリッド細胞を発見した。本成果の一部は、日本神経科学学会や日本動物学会で発表し、論文は審査中である。げっ歯類の場所細胞と比較検討することで、本領域が推し進めるナビ理解の促進に寄与する成果となる。

サケ科魚類 (ニジマス)

海鳥と同様に、マス専用の手術道具が存在しないため、3DCAD と 3D プリンタを駆使することで、まず脳固定装置などの手術器具を開発した (図 2)。加えて脳構造が不明なため、脳アトラスを作製した。そして神経活動ロガーを活用することで、麻酔下のマスの視蓋や終脳の背内側部から、従来の有線計測装置による結果と類似する、光刺激に対する神経応答を検出することができた。無線計測については、小型の金魚での成功例 (Vinepinsky et al., 2017) が先行研究としてあるが、母川回帰する大型魚類での成功例はこれまでに無い。その結果、頭方位細胞を発見した。その成果としては、計測手法に関する方法論論文を国際学術誌 *Animal Biotelemetry* にて報告した。海鳥と同様に、げっ歯類の頭方位細胞と比較検討することで、本領域が推し進めるナビ理解の促進に寄与する成果となる。

課題(2) (ナビゲーション機能の数理モデル同定)

本課題では、ナビ分析に関わる成果を得ることができた。ナビゲーション移動行動から様々な移動状態を推定することができれば、その移動状態と神経活動の相関関係や因果関係を調べることができ、地図記憶参照型ナビゲーションの理解が深まる。そこで A02 前川が推し進めた深層学習法 *DeepHL* の開発に寄与した。そこでは、*DeepHL* を活用することで、ナビゲーション移動行動を解析し、その結果、運動障害を特定することが可能な特徴的な移動行動が、ある一定時間の最大移動距離に現れることを発見することができた。従来は、移動速度や滞留時間に注目していたため、*DeepHL* を活用することで新規な移動状態を発見することができたと考えられる。このデータ科学と神経科学の異分野融合研究の成果は、A02 前川が中心となり、A02 前川と計画班、公募班との研究成果を交えて国際学術雑誌 *Nature Communications* にて報告した。

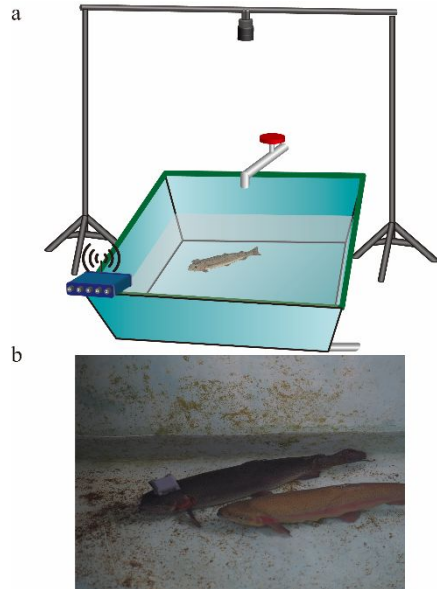


図 2. a) 計測システム, b) ロガーを装着して遊泳するサケ (Takahashi et al. *Animal Biotelemetry* 2021 より転載)

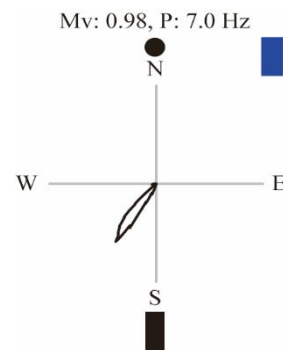


図 3. マスの終脳から発見した頭方位細胞の活動方位マップ。マスの頭が南西を向いたときに活動頻度を上昇させることがわかる。Mv: mean vector length, P: peak firing rate. (Takahashi et al. *Animal Biotelemetry* 2021 より抜粋)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Takahashi Susumu, Hombe 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 Maekawa Takuya, Ohara Kazuya, Zhang Yizhe, Fukutomi Matasaburo, Matsumoto Sakiko, Matsumura Kentarou, Shidara Hisashi, Yamazaki Shuhei J., Fujisawa Ryusuke, Ide Kaoru, Nagaya Naohisa, Yamazaki Koji, Koike Shinsuke, Miyatake Takahisa, Kimura Koutarou D., Ogawa Hiroto, Takahashi Susumu, Yoda Ken	4. 巻 11
2. 論文標題 Deep learning-assisted comparative analysis of animal trajectories with DeepHL	5. 発行年 2020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/s41467-020-19105-0	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 Hoshino, S., Takahashi, R, Mieno, K., Tamatsu, Y., Azechi, H., Ide, K., Takahashi, S	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 1-10
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 -

1. 著者名 Takahashi Susumu	4. 巻 21
2. 論文標題 The Hippocampal Ensemble Code for Spatial Navigation and Episodic Memory	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Neurobiology	6. 最初と最後の頁 49 ~ 70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-94593-4_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 Ishino Seiya, Takahashi Susumu, Ogawa Masaaki, Sakurai Yoshio	4. 巻 45
2. 論文標題 Hippocampal-prefrontal theta phase synchrony in planning of multi-step actions based on memory retrieval	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 European Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1313 ~ 1324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ejn.13547	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 Mizutani Kazuko, Takahashi Susumu, Okamoto Shinichiro, Karube Fuyuki, Fujiyama Fumino	4. 巻 222
2. 論文標題 Substance P effects exclusively on prototypic neurons in mouse globus pallidus	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Brain structure and function	6. 最初と最後の頁 4089 ~ 4110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/JNEUROSCI.0230-16.2016	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 高橋晋, 増田明, 井出薫	4. 巻 71
2. 論文標題 場所記憶の想起によるナビゲーション	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 生物の科学 遺伝	6. 最初と最後の頁 539-544
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 高橋晋, 井出薫	4. 巻 35
2. 論文標題 脳内ナビゲーション・システム 海馬の場所細胞	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 43-47
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 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 Oh, Y.M., Karube, Y., Takahashi, S., Kobayashi, K., Takada M., Uchigashima, M., Watanabe, M., Nishizawa, K., Kobayashi, K., Fujiyama, F	4. 巻 -
2. 論文標題 Using a novel PV-Cre rat model to characterize pallidonigral cells and their terminations	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Brain Structure and Function	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) 10.1007/s00429-016-1346-2	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 Mochizuki, Y., Takahashi, S., Richmond, B.J, Shinomoto, S. 他50名	4. 巻 36
2. 論文標題 Similarity in Neuronal Firing Regimes across Mammalian Species	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 5736-5747
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/JNEUROSCI.0230-16.2016	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 藤山文乃、高橋晋、荻部冬紀	4. 巻 35
2. 論文標題 大脳基底核の機能と構造	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Clinical Neuroscience	6. 最初と最後の頁 268-270
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 Ishino, S., Takahashi, S., Ogawa, M., Sakurai, Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Hippocampal-prefrontal theta phase synchrony in planning of multi-step actions based on memory retrieval	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 European Journal of 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) 10.1111/ejn.13547	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 高橋晋、井出薫	4. 巻 35(4)
2. 論文標題 脳内ナビゲーション・システム 海馬の場所細胞	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	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 -

〔学会発表〕 計33件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 13件）

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 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

1. 発表者名 星野 諭、井出 薫、高橋 晋
2. 発表標題 空間ナビゲーションのための再構成迷路システム
3. 学会等名 第62回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI ' 18)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井出 薫、小林 憲太、苅部 冬紀、藤山 文乃、高橋 晋
2. 発表標題 行動中マウスの運動皮質におけるパルプアルブミン発現インターニューロンの発火操作
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 星野 諭、井出 薫、高橋 晋
2. 発表標題 多種の迷路を構成可能な小動物用の新規迷路システムの開発
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 高橋 晋、松本 祥子、井出 薫、依田 憲
2. 発表標題 自由行動中の海鳥脳からの神経活動記録
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 高橋 晋
2. 発表標題 空間ナビゲーションに関する海馬の場所細胞研究とその未来
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Masuda, Susumu Takahashi
2. 発表標題 Precisely patterned optogenetic stimulation with mini-LED array and lens optics in rodent visual cortex
3. 学会等名 Brain Stimulation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井出 薫、小林 憲太、苅部 冬紀、尾原 和也、前川 卓也、藤山 文乃、高橋 晋
2. 発表標題 Optogenetic intervention to parvalbumin-expressing interneurons in the motor cortex of behaving mice
3. 学会等名 International Symposium on Systems Science of Bio-Navigation 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星野 諭、井出 薫、高橋 晋
2. 発表標題 The reconfigurable maze enables various tests to study neural mechanisms of spatial navigation
3. 学会等名 International Symposium on Systems Science of Bio-Navigation 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Susumu Takahashi
2. 発表標題 Neural activity in the brain of rats, seabirds and salmonid fish during spatial navigation
3. 学会等名 International Symposium on Systems Science of Bio-Navigation 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星野 諭、井出 薫、高橋 晋
2. 発表標題 Development of the Reconfigurable maze-various shapes of maze in a single environment
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 meetings(SfN2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 晋、星野 諭、井出 薫
2. 発表標題 The Next Phase for Tracking and Predicting the Navigational Behavior Using Machine Learning
3. 学会等名 International Workshop on Behavior analysis and Recognition for knowledge Discovery (BiRD 2019) in conjunction with the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahashi, S.
2. 発表標題 Memory of places in rats
3. 学会等名 IEEE ICMA 2017 Conference, Tutorial Workshops on Systems Science of Bio-navigation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 星野諭、井出薫、高橋晋
2. 発表標題 再構成迷路の開発
3. 学会等名 第95回日本生理学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahashi, S.
2. 発表標題 Place sequence recognition and processing in the hippocampal place cell activity
3. 学会等名 第40回日本神経科学大会 (幕張)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋晋, 小林 憲太, 苅部 冬紀, 藤山 文乃
2. 発表標題 パーキンソン病モデルマウスの一次運動野における光遺伝学を活用した神経細胞活動の操作
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 呉 胤美, 苅部 冬紀, 高橋晋, 小林 憲太, 高田 昌彦, 小林 和人, 藤山 文乃
2. 発表標題 淡蒼球外節から黒質緻密部ドーパミンニューロンへの抑制性入力を解明する
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋 裕美, 廣川 純也, 高橋晋, 櫻井 芳雄
2. 発表標題 報酬確率学習課題中の海馬における神経表象
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 水谷 和子, 苅部 冬紀, 高橋晋, 小林 憲太, 藤山 文乃
2. 発表標題 マウス淡蒼球外節におけるNeurokinin-1受容体陽性細胞の形態学的・電気生理学的性質を解明する
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 町野友理, 高橋晋, 櫻井芳雄
2. 発表標題 ラットの海馬・前頭前野における再学習中の神経機構
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宋 基燦, 高橋晋, 櫻井芳雄
2. 発表標題 ラット皮質における随意的発火調節のニューロン集団間での転移
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nakazono, T., Takahashi, S., Sakurai, Y.
2. 発表標題 Learning stages in a rule switching task affects theta-gamma couplings in rat hippocampus
3. 学会等名 Society for Neuroscience meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Song, K., Takahashi, S., Sakurai, Y.
2. 発表標題 Volitional modulation of neuronal activities among multiple neuron groups via neuronal operant conditioning
3. 学会等名 Society for Neuroscience meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Machino, Y., Takahashi, S., Sakurai, Y.
2. 発表標題 Hippocampal-prefrontal interaction during original task learning and relearning
3. 学会等名 Society for Neuroscience meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 呉 胤美, 苅部 冬紀, 高橋晋, 小林 憲太, 高田 昌彦, 小林 和人, 藤山 文乃
2. 発表標題 sing a novel PV-cre rat model to characterize pallidonigral cells and terminations
3. 学会等名 第122回 日本解剖学会 総会・全国学術集会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 小動物実験用迷路組立キット	発明者 高橋晋	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-252076	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	苅部 冬紀 (Karube Fuyuki) (60312279)	同志社大学・研究開発推進機構・准教授 (34310)	削除：2020年3月2日

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