

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06310

研究課題名（和文）脳情報動態解明に資する多階層・多領域データ統合モデリング法の開発

研究課題名（英文）Multi-layer and multi-area data integration methods for elucidating brain information dynamics

研究代表者

石井 信（Ishii, Shin）

京都大学・情報学研究科・教授

研究者番号：90294280

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 92,800,000 円

研究成果の概要（和文）：不確実環境において意思決定課題中のヒトのブレインデコーディング法を開発し、メタ認知がいかに関わるのかを調べた上で論文化した(Katayama, et al., 2022)。ヒトの階層的な意思決定過程とメタ認知がいかに関わるのかにつき研究を進めた。視覚注意課題において刺激依存の活動と知識依存の活動を分離することのできる手法を用いて、二種の情報を並列処理する脳情報動態基盤を明らかにした。機能イメージングデータから動的機能回路を抽出する手法を開発、マウスおよびマーモセットのカルシウムイメージングデータに適用した。個体数1ではあるが、マーモセットの頭頂視覚連合野の機能同定を完了した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

不確実環境における意思決定ではメタ認知の関与が想定されるものの、いかに関わるのかはこれまでに明確ではなかった。本研究では、メタ認知が高まることで脳情報動態（動的な脳内表象）を明確にすることを明らかにした点で学術的意義がある。成果が評価され、2022年度のテレコム学際研究賞（奨励賞）を受賞した。他のサブテーマはいずれも研究は完了しており、今後ハイインパクトの論文としての発表を通じて、学術的意義を謳う予定である。

研究成果の概要（英文）：We developed a brain decoding method based on fMRI activities during human subjects were performing a decision-making task in an uncertain environment, and examined how the meta recognition is involve in the decision-making process (Katayama, et al., 2022). We examined how hierarchical inference and meta recognition crosstalked in a hierarchical decision-making task. Moreover, we elucidated brain information dynamics that parallel processes observation-based information and knowledge-based information when humans were performing a visual discrimination task.

We developed a decoding method to extract dynamically functional circuitry from functional imaging data, and applied it to mice and marmosets Ca2+ imaging from their cortices. We completed functional identification of parietal visual association area of one marmoset.

研究分野：計算神経科学

キーワード：脳情報動態 画像処理 カルシウムイメージング 機能モジュール エンコーダ デコーダ シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

脳は動的な情報処理器であり、外界からの情報を感じ覚入力として受けた後に、中枢における動的な内部表現に変換(エンコード)し、異なる領域にわたって並列処理した後に、運動あるいは意思決定のエフェクターを起動(デコード)することで、外界に対して再び作用する。このエンコーディングとデコーディングの組み合わせには理論的には不定性(あるいは任意性)があるため、対応する内部表現はある時点では一意に定まらない。本研究は、脳の複数領域にわたって並列的・動的に存在する「脳情報動態」こそが、一見「不定」に見える脳の内部状態の実体である、という作業仮説に基づき、領域内外の実験研究者から提供される構造・機能データに対して情報学的手法を適用することでその理論化を目指す。

これまでに脳の情報表現に関する研究は多数あるが、動的側面を明らかにしたものはほとんどなかった。むしろ動的予測ネットワーク(Lotter et al., 2016)など、人工知能分野における関連研究が先行している感がある。また、動物の動的な環境適応能力のモデル化には、強化学習モデル(Barto, Sutton, Anderson, 1983)があるが、未だ、学習信号の説明(Schultz, Montague, Dayan, 1997)と学習の座の同定(Yagishita, et al., 2014)にとどまっており、特に動的な内部表現の同定には至っていない。本計画研究は、近年進展が著しい、統計科学、機械学習の手法を駆使して、これまでに断片的に示されてきた脳の動的内部表現の実体解明を目指すもので独創性がある。また、神経細胞レベルでのシミュレーションにより脳内実装の可能性を示す点でも独創性がある。

2. 研究の目的

領域全体のテーマである「脳情報動態」は、近年の、高時間分解能を有するプローブ、覚醒・行動下での動物のイメージング、電子顕微鏡 - 光学顕微鏡を駆使した精密な細胞 - 回路イメージングなどの技術革新によってはじめて研究の俎上に上がることとなった。研究代表者がこれまで開発してきた、統計科学および機械学習に基づく、神経機能回路同定技術、神経画像処理技術、脳のエンコーダ・デコーダ設計技術に加え、近年、情報学分野で開発進展が著しい画像変換技術を必要に応じて取り込むことで、計測ノイズを最小化しモデル化に資することが可能な「脳情報動態」の情報学的解明に挑む。また、代表者と分担者がこれまでに実施してきた大規模神経回路シミュレーションを、実データ駆動的なものに展開して、「脳情報動態」の計算機上での再現を図る。加えて、実験系研究者との連携で、閉ループ制御による予測性能の検証を通じて、理論の評価を行う。このことは、脳を動的な情報処理機械とみなし、実験データに基づきその動的並列情報処理を計算機の上で再構成するという、新しいAI開発の試みでもある。意思決定系のモデルとしては、エンコーダ側にはベイズ最適観測器(Yoshida, Ishii, 2006)、デコーダ側には拡散過程モデル(Shadlen, Newsome, 2001)などが提案されている。動的な学習モデルとしては、エンコーダ側には逆強化学習、デコーダ側には強化学習が用いられてきたが、脳の複数領域にわたる動的内部表現の再現、また、その閉ループ制御などによる実験的検証には至っていない。

具体的には、領域内共同研究に基づき、マウスの構造・機能データおよびヒトの機能データを再現する脳情報動態の理論構築を進める。

3. 研究の方法

領域内共同研究に基づき、マウスおよびヒトのデータを再現する脳情報動態の理論構築を進

める。そのために、以下の各項目を実施する。

(1) 脳情報動態解明のための回路構造同定法の開発

In vivo 4次元イメージング・電子顕微鏡計測から機能モジュールを同定するために、多階層・多重解像度ネットワークや敵対的生成モデルなど最新の画像変換法を駆使した高度画像処理手法を開発し、実験班から提供される電子顕微鏡神経構造データ、蛍光イメージングデータに適用する。

(2) 脳情報動態解明のためのエンコーディング・デコーディング法の開発

多領域からの in vivo 神経活動に基づき、刺激入力から中枢の動的活動を再現・予測するエンコーダモデル、および中枢の活動から機能出力(運動あるいは意思決定)を再現・予測するデコーダモデルを、最新の機械学習の手法を用いて構築し、もって脳情報動態の機能を解明する。

(3) 脳情報動態解明のための多領域にわたる機能モデリング法の開発

上記、1.2.の成果を踏まえて、神経細胞および回路レベルでのエンコーダ・デコーダの組み合わせを、計算機上に実現する多階層・多領域モデリングおよびシミュレーションを実施し、脳情報動態の統合理論化を果たす。特に、小脳を中心とした脳の多領域連関による運動学習について、機能回路レベルでの再現を目標とする。

4. 研究成果

(1) 脳情報動態解明のための回路構造同定法の開発

川口班(A01班)と連携して、連続切片電子顕微鏡画像から神経細胞・回路の詳細構造を決定する手法の開発を進めた。本手法は、画像前処理、機械学習に基づくセグメンテーション、および、三次元セグメンテーションからなる。このパイプライン処理をソフトウェアとして公開するとともに、その成果を学術論文として発表した(Urakubo, et al., 2019)。また、神経の局所回路同定のため、光学顕微鏡からの画像リストア法を、多解像度の encoder-decoder ネットワークとして開発を進めた。従来の標準的な深層学習器(CNN や U-net)によるものよりも性能が高いことが分かったので、その成果を学術論文として発表した(Lee, et al., 2019; Ishii, et al., 2019)。また、人工知能(AI)分野において画像変換のための手法が開発されつつあるので、それを用いた転移型の3次元画像リストア法の開発を進め、論文発表と共にソフトウェアとして公開した(Lee, et al., 2021)。

(2) 脳情報動態解明のためのエンコーディング・デコーディング法の開発

松崎班(A01班)、尾藤班(A02班)と連携して、マウス意思決定学習に関わる中枢神経活動、行動の同時記録データに対し、中枢表現を求めることのできるデコーディング手法の開発を進めた。逆強化学習に基づくエンコーダ法の開発を、線虫の温度走性行動データに適用して、線虫の探索行動には二種の戦略があることを明らかにした(Yamaguchi, et al., 2018)。

マルチエージェント環境において意思決定(模倣学習)課題を遂行中のヒトの行動実験を実施した。コロナ感染症の影響もあり研究者が離職することとなり研究実施に遅延が生じたが、研究実施期間を延長することで予定通りデータを取得することができた。強化学習と逆強化学習により価値推定を行うモデルの優位性が統計的に示された。

脳情報動態解析の応用として、ヒトが不確実性を含む意思決定課題を遂行している際の脳機能イメージング(fMRI計測)実験を行った。不確実環境におけるヒトの階層的な意思決定過程、

そこにメタ認知がいかに関わるのかにつき研究を進めた。成果は論文化(Katayama, et al., 2022)でき、2022年度のテレコム学際研究賞(奨励賞)を受賞した。また、視覚注意課題において刺激依存の活動と知識依存の活動を分離することができる手法を開発(Fujimoto, et al., 2022)、これを用いて、ヒト fMRI 活動レベルで並列処理される脳情報動態基盤を明らかにするための研究を進めた。事前知識と刺激の不確実性に関わる神経基盤が明らかになり、論文執筆中である。

さらに、脳海馬からの自由行動下カルシウムイメージング(内視顕微鏡)データに基づき、動物の離散化された位置をデコードする研究を進めた。公開された歯状回データに適用した結果、従来法によるものを大きく上回る位置デコード性能を得た。さらに、同様の手法をマーモセット頭頂視覚連合野付近からのカルシウムイメージングデータに適用、個体数 1 ではあるが頭頂視覚連合野の機能同定に成功した。

(3) 脳情報動態解明のための多領域にわたる機能モデリング法の開発

喜多村班(A02 班)と連携して、カルシウムイメージングで計測した小脳プルキンエ細胞の複雑スパイクのデータを、分担者(山崎)が構築している小脳神経回路モデルに組み込む、データ同化シミュレーションを行った。データ同化においては多数のシミュレーションを繰り返し実施する必要があるため、GPGPU 型計算機を用いた並列計算によりリアルタイムでシミュレーションが可能な小脳モデルを開発し、論文を出版した (Kuriyama, et al., 2021)。マウスレバー引き課題中に計測される様々な時空間パターンをもつ複雑スパイクを組み合わせて教師信号として用いることで、レバーの軌道を表現する単純スパイクのスパイク列が得られることを検証し、順モデルとして機能示唆することを示唆した。また、カルシウムの樹状突起上での伝播を表現する生物物理学的な小脳回路モデルを構築し、かつ次世代スパコンでシミュレーションを高速に実施可能な高性能数値計算法を開発した (Kobayashi, et al., 2021)。さらに、樹状突起における非線形な計算を利用することで、単一プルキンエ細胞で平行線維入力のシーケンス弁別と学習ができることを示し、単一ニューロンの計算能力の再検討を行い、論文にして発表した (Tamura, et al., 2023)。

大脳皮質運動野・基底核・小脳・視床からなる脳モデルを構築し、かつ Human Brain Project で開発されているマウス筋骨格系の身体モデルを導入、脳モデルと双方向に接続することで、脳身体の開ループシミュレーションを実現した (Feldotto, et al., 2022)。特に、文部科学省「富岳」成果創出加速プログラムと協力して、スパコン「富岳」を含めた大規模分散脳身体シミュレーションを実現した。松崎班(A01 班)、喜多村班(A02 班)が実施しているマウスレバー引き課題の学習過程を再現するシミュレーションを実施し、強化学習によってレバーを引く様子を再現することができた。また、大脳皮質・基底核・小脳の連関により脳全体で階層強化学習が可能になるという理論を提唱し、書籍の一章として発表した (Yamazaki, 2021)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 25件）

1. 著者名 Kubo Akihiro, Meshgi Kourosh, Ishii Shin	4. 巻 101
2. 論文標題 A Meta-Q-Learning Approach to Discriminative Correlation Filter based Visual Tracking	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Intelligent & Robotic Systems	6. 最初と最後の頁 11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10846-020-01273-2	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 Urakubo Hidetoshi, Yagishita Sho, Kasai Haruo, Ishii Shin	4. 巻 16
2. 論文標題 Signaling models for dopamine-dependent temporal contiguity in striatal synaptic plasticity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS Computational Biology	6. 最初と最後の頁 e1008078
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pcbi.1008078	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 Ishii Shin, Lee Sehyung, Urakubo Hidetoshi, Kume Hideaki, Kasai Haruo	4. 巻 69
2. 論文標題 Generative and discriminative model-based approaches to microscopic image restoration and segmentation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microscopy	6. 最初と最後の頁 79～91
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/jmicro/dfaa007	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 Nishimoto Takashi, Higashi Hiroshi, Morioka Hiroshi, Ishii Shin	4. 巻 17
2. 論文標題 EEG-based personal identification method using unsupervised feature extraction and its robustness against intra-subject variability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Neural Engineering	6. 最初と最後の頁 26007
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1741-2552/ab6d89	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 Urakubo Hidetoshi, Bullmann Torsten, Kubota Yoshiyuki, Oba Shigeyuki, Ishii Shin	4. 巻 9
2. 論文標題 UNI-EM: An Environment for Deep Neural Network-Based Automated Segmentation of Neuronal Electron Microscopic Images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-55431-0	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 該当する

1. 著者名 Ohnishi Shota, Uchibe Eiji, Yamaguchi Yotaro, Nakanishi Kosuke, Yasui Yuji, Ishii Shin	4. 巻 13
2. 論文標題 Constrained Deep Q-Learning Gradually Approaching Ordinary Q-Learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurobotics	6. 最初と最後の頁 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnbot.2019.00103	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 Liang Zhen, Oba Shigeyuki, Ishii Shin	4. 巻 116
2. 論文標題 An unsupervised EEG decoding system for human emotion recognition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 257 ~ 268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2019.04.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamaguchi Shoichiro, Naoki Honda, Ikeda Muneki, Tsukada Yuki, Nakano Shunji, Mori Ikue, Ishii Shin	4. 巻 14
2. 論文標題 Identification of animal behavioral strategies by inverse reinforcement learning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS Computational Biology	6. 最初と最後の頁 e1006122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pcbi.1006122	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 Liang Zhen, Hamada Yasuyuki, Oba Shigeyuki, Ishii Shin	4. 巻 105
2. 論文標題 Characterization of electroencephalography signals for estimating saliency features in videos	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 52 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2018.04.013	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 Fuchigami Takuya, Shikauchi Yumi, Nakae Ken, Shikauchi Manabu, Ogawa Takeshi, Ishii Shin	4. 巻 8
2. 論文標題 Zero-shot fMRI decoding with three-dimensional registration based on diffusion tensor imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30676-3	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 Yamada Tatsuya, Nishiyama Makoto, Oba Shigeyuki, Jimbo Henri Claver, Ikeda Kazushi, Ishii Shin, Hong Kyonsoo, Sakumura Yuichi	4. 巻 8
2. 論文標題 Computational Methods for Estimating Molecular System from Membrane Potential Recordings in Nerve Growth Cone	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-22506-3	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 Kondo Yohei, Aoki Kazuhiro, Ishii Shin	4. 巻 14
2. 論文標題 Inverse tissue mechanics of cell monolayer expansion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS Computational Biology	6. 最初と最後の頁 e1006029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pcbi.1006029	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 Kuriyama Rin, Casellato Claudia, D'Angelo Egidio, Yamazaki Tadashi	4. 巻 15
2. 論文標題 Real-Time Simulation of a Cerebellar Scaffold Model on Graphics Processing Units	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Cellular Neuroscience	6. 最初と最後の頁 623552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fncel.2021.623552	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 Kobayashi Taira, Kuriyama Rin, Yamazaki Tadashi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Testing an Explicit Method for Multi-compartment Neuron Model Simulation on a GPU	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cognitive Computation	6. 最初と最後の頁 9942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12559-021-09942-6	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 Feldotto Benedikt, others, Yamazaki Tadashi, Doya Kenj, Morin Fabrice O.	4. 巻 16
2. 論文標題 Deploying and Optimizing Embodied Simulations of Large-Scale Spiking Neural Networks on HPC Infrastructure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroinformatics	6. 最初と最後の頁 884180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fninf.2022.884180	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 Tamura Kaaya, Yamamoto Yuki, Kobayashi Taira, Kuriyama Rin, Yamazaki Tadashi	4. 巻 17
2. 論文標題 Discrimination and learning of temporal input sequences in a cerebellar Purkinje cell model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Cellular Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1075005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fncel.2023.1075005	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 Woodward Alexander, Gong Rui, Abe Hiroshi, Nakae Ken, Hata Junichi, Skibbe Henrik, Yamaguchi Yoko, Ishii Shin, Okano Hideyuki, Yamamori Tetsuo, Ichinohe Noritaka	4. 巻 225
2. 論文標題 The NanoZoomer artificial intelligence connectomics pipeline for tracer injection studies of the marmoset brain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Brain Structure and Function	6. 最初と最後の頁 1225 ~ 1243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00429-020-02073-y	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 Fujita Yoshihisa, Yagishita Sho, Kasai Haruo, Ishii Shin	4. 巻 14
2. 論文標題 Computational characteristics of the striatal dopamine system described by reinforcement learning with fast generalization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Computational Neuroscience	6. 最初と最後の頁 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2019.12.12.873950	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 Parajuli Laxmi Kumar, Urakubo Hidetoshi, Takahashi-Nakazato Ai, Ogelman Roberto, Iwasaki Hirohide, Koike Masato, Kwon Hyung-Bae, Ishii Shin, Oh Won Chan, Fukazawa Yugo, Okabe Shigeo	4. 巻 7
2. 論文標題 Geometry and the Organizational Principle of Spine Synapses along a Dendrite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 eneuro	6. 最初と最後の頁 248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/ENEURO.0248-20.2020	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 Gutierrez Carlos Enrique, Skibbe Henrik, Nakae Ken, Tsukada Hiromichi, Lienard Jean, Watakabe Akiya, Hata Junichi, Reisert Marco, Woodward Alexander, Yamaguchi Yoko, Yamamori Tetsuo, Okano Hideyuki, Ishii Shin, Doya Kenji	4. 巻 10
2. 論文標題 Optimization and validation of diffusion MRI-based fiber tracking with neural tracer data as a reference	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 21285
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-78284-4	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 Liang Zhen, Li Fangchao, Hu Wanrou, Huang Gan, Oba Shigeyuki, Zhang Zhiguo, Ishii Shin	4. 巻 28
2. 論文標題 A Generalized Encoding System for Alpha Oscillations Through Visual Saliency Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering	6. 最初と最後の頁 2731 ~ 2743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNSRE.2020.3038789	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 Urakubo Hidetoshi, Yagishita Sho, Kasai Haruo, Kubota Yoshiyuki, Ishii Shin	4. 巻 17
2. 論文標題 The critical balance between dopamine D2 receptor and RGS for the sensitive detection of a transient decay in dopamine signal	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS Computational Biology	6. 最初と最後の頁 e1009364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pcbi.1009364	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 Katayama Risa, Yoshida Wako, Ishii Shin	4. 巻 5
2. 論文標題 Confidence modulates the decodability of scene prediction during partially-observable maze exploration in humans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-022-03314-y	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 Lee Sehyung, Kume Hideaki, Urakubo Hidetoshi, Kasai Haruo, Ishii Shin	4. 巻 152
2. 論文標題 Tri-view two-photon microscopic image registration and deblurring with convolutional neural networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 57 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2022.04.011	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 Fujimoto Keisuke, Hayashi Kojiro, Katayama Risa, Lee Sehyung, Liang Zhen, Yoshida Wako, Ishii Shin	4. 巻 155
2. 論文標題 Deep learning-based image deconstruction method with maintained saliency	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 224 ~ 241
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2022.08.015	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

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Jaepyeong Hwang, Shin Ishii, Shigeyuki Oba
2. 発表標題 Online motion synthesis framework using a simple mass model based on predictive coding
3. 学会等名 SIGGRAPH Eurographics Symposium on Computer Animation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Liang, Z., Oba, S., & Ishii, S.
2. 発表標題 Inherent feature connection (I-Con) Map for linking emotion detection: an EEG study.
3. 学会等名 32nd Human Computer Interaction Conference (BHCI 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujita, Y., & Ishii, S.
2. 発表標題 Reproducing the cognitive function with the robustness against the brain structure and with the efficient learning algorithm.
3. 学会等名 Computational Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sasaki, W., Yasui, Y., Nakanishi, K., & Ishii, S.
2. 発表標題 Deep Q-network regularized by adversarial examples.
3. 学会等名 The 28th Annual Conference of the Japanese Neural Network Society
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katayama, R., Yoshida, W., & Ishii, S.
2. 発表標題 Decoding the scene prediction and its confidence during maze exploration.
3. 学会等名 第19回脳と心のメカニズム冬のワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ishii, S.
2. 発表標題 Artificial intelligence methods for identification of large-scale brain structures.
3. 学会等名 International Symposium of Brain/MINDS (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nishimoto, T., Morioka, H., & Ishii, S
2. 発表標題 Individual identification by resting-state EEG using common dictionary learning
3. 学会等名 Artificial Neural Networks and Machine Learning - ICANN 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Uchida, S., Oba, S., & Ishii, S
2. 発表標題 Estimation of the change of agent 's behavioral strategy using state-action history
3. 学会等名 Artificial Neural Networks and Machine Learning - ICANN 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ishii, S
2. 発表標題 Data-driven mimicking neural encoding/decoding systems
3. 学会等名 CRCNS 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ishii, S
2. 発表標題 Decoding neural decision making
3. 学会等名 Okinawa Computational Neuroscience Course 2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ishii, S
2. 発表標題 Artificial Intelligence and Connectomics
3. 学会等名 Neuroscience 2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石井 信
2. 発表標題 データベースに基づくブレインマシンインタフェース
3. 学会等名 電子情報通信学会音声研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石井 信
2. 発表標題 脳イメージングデータ解析のAIの応用と脳機能から学ぶAIの開発
3. 学会等名 第一回ヒト脳イメージング研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ishii, S
2. 発表標題 Artificial intelligence and neuroinformatics
3. 学会等名 Advances in Neuroinformatics 2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ishii, S
2. 発表標題 Machine learning-based methods for large-scale neural imaging data
3. 学会等名 International Symposium on Brain Information Dynamics
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Mizusawa and Kakei	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 564
3. 書名 The cerebellum as a CNS hub	

〔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	山崎 匡 (Yamazaki Tadashi) (40392162)	電気通信大学・大学院情報理工学研究所・准教授 (12612)	

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		
英国	Oxford University		