

領域略称名:人工知能と脳科学
領域番号:4805

科学研究費助成事業
新学術領域研究(研究領域提案型)
研究成果報告書(研究領域)

「人工知能と脳科学の対照と融合」

領域設定期間

平成28年度～令和2年度
(一部の研究は繰越により令和4年度まで実施)

令和5年6月

領域代表者

銅谷賢治

沖縄科学技術大学院大学・神経計算ユニット・教授

目 次

研究組織

1 総括班・国際活動支援班・計画研究	2
2 公募研究	4

研究領域全体に係る事項

3 交付決定額	7
4 研究領域の目的及び概要	8
5 審査結果の所見及び中間評価結果の所見で指摘を受けた事項への対応状況	10
6 研究目的の達成度及び主な成果	11
7 研究発表の状況	16
8 研究組織の連携体制	96
9 研究費の使用状況	97
10 当該学問分野及び関連学問分野への貢献の状況	98
11 若手研究者の育成に関する取組実績	99
12 総括班評価者による評価	100

付録

「人工知能と脳科学」ニュースレター Vol. 10: 成果報告特集号 (2022年3月)

研究組織

1 総括班・国際活動支援班・計画研究

領域代表者 銅谷 賢治 沖縄科学技術大学院大学・神経計算ユニット・教授

【総括班】

人工知能と脳科学の融合研究の推進

研究代表者 銅谷賢治	沖縄科学技術大学院大学・神経計算ユニット・教授
研究分担者 坂上雅道	玉川大学・脳科学研究所・教授
研究分担者 中原裕之	国立研究開発法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・ チームリーダー
研究分担者 谷口忠大	立命館大学・情報理工学部・教授

【国際活動支援班】

人工知能と脳科学の融合研究の国際ネットワーク形成

研究代表者 銅谷賢治	沖縄科学技術大学院大学・神経計算ユニット・教授
研究分担者 坂上雅道	玉川大学・脳科学研究所・教授
研究分担者 中原裕之	国立研究開発法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・ チームリーダー
研究分担者 谷口忠大	立命館大学・情報理工学部・教授
研究分担者 松尾豊	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授

【計画研究】

研究項目 A01 知覚と予測

ディープラーニングと記号処理の融合による予測性の向上に関する研究

研究代表者 松尾豊	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授
研究分担者 Prendinger Helmut	国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・教授
研究分担者 中山浩太郎	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・特任教授

多階層表現学習の数理基盤と神経機構の解明

研究代表者 銅谷賢治	沖縄科学技術大学院大学・神経計算ユニット・教授
------------	-------------------------

コンフリクトコストに対する調和・不調和情報シーケンス効果の神経基盤の研究

研究代表者 田中啓治	国立研究開発法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・ シニアチームリーダー
程 康	国立研究開発法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・ 副チームリーダー (H28.12 交替)

研究項目 A02 運動と行動

自己と他者の動作データからの内部モデルの構築と行動則の獲得

研究代表者 森本淳	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) ・ 脳情報通信総合研究所・研究室長
-----------	--

潜在的運動における学習適応メカニズムの解明と計算モデル構築

研究代表者 五味裕章	日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所・ 人間情報研究部・上席特別研究員
研究分担者 竹村文	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研 究員

報酬と注意の情報処理に關与するドーパミン神経回路機構

研究代表者 松本正幸 筑波大学・医学医療系・教授

報酬／目的指向行動の神経回路機構

研究代表者 疋田貴俊 大阪大学・蛋白質研究所 高次脳機能学研究室・教授

研究分担者 Macpherson Tom 大阪大学・蛋白質研究所・助教

研究分担者 小澤貴明 大阪大学・蛋白質研究所・助教

研究分担者 山口隆司 大阪大学・蛋白質研究所・助教

研究項目 A03 認知と社会性

感覚運動と言語をつなぐ二重分節解析の脳内計算過程の理解と応用

研究代表者 谷口 忠大 立命館大学・情報理工学部・教授

研究分担者 久保 孝富 奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究分担者 松香 敏彦 千葉大学・大学院人文科学研究院・教授

研究分担者 岡山県立大学・情報工学部・教授

研究分担者 小林 一郎 お茶の水女子大学・基幹研究院・教授

脳内他者を生かす意思決定の脳計算プリミティブの解明

研究代表者 中原裕之 国立研究開発法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・
チームリーダー

前頭前野における情報の抽象化と演繹的情報創生の神経メカニズムの研究

研究代表者 坂上雅道 玉川大学・脳科学研究所・教授

精神疾患における思考の障害の神経基盤の解明と支援法の開発

研究代表者 高橋 英彦 東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・教授

2 公募研究

【平成 29 年度～平成 30 年度公募研究】

研究項目 A01 知覚と予測

生成系の深層学習を用いた空間／音の認知に関する研究

研究代表者 池上高志 東京大学・大学院総合文化研究科・教授

単機能の重ね合せにより新機能を創発するマルチファンクショナル深層学習ネットワーク

研究代表者 柳井啓司 電気通信大学・大学院情報理工研究科・教授

神経信号からネットワーク構造を推定し・そこに発現する活動パターンを予測する

研究代表者 篠本 滋 京都大学・理学研究科・准教授

神経活動と分子活性が織り成す学習規則の可視化

研究代表者 濱口航介 京都大学・医学研究科・講師

皮質脳波ビッグデータによる革新的人工知能の開発

研究代表者 柳澤琢史 大阪大学・国際医工情報センター・寄附研究部門講師

人工知能と神経基盤の相互参照アプローチによる視覚－価値変換機構の解明

研究代表者 近添淳一 生理学研究所・脳機能計測・支援センター・准教授

大脳皮質局所回路に学ぶ新しいアーキテクチャと学習モデルの構築

研究代表者 深井朋樹 国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・
チームリーダー

Using Recurrent Neural Networks to Study Neural Computations in Cortical Networks

研究代表者 アンドレア ベヌッチ 国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・
チームリーダー

積層独立成分分析の深化と脳科学応用

研究代表者 平山淳一郎 国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・研究員

前頭前野活動の網羅的計測と情報表現解読法の開発

研究代表者 宇賀貴紀 山梨大学・大学院総合研究部・教授

予測の神経基盤：全脳皮質脳波における時空間構造

研究代表者 小松三佐子 国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・研究員

研究項目 A02 運動と行動

感覚予測と報酬予測に基づく運動学習の計算理論的理解と脳内基盤の解明

研究代表者 井澤淳 筑波大学・システム情報系・准教授

行動選択の回路モデル構築のための前頭前野－大脳基底核・小脳連関の構築様式の解明

研究代表者 井上謙一 京都大学・霊長類研究所・助教

並列深層強化学習

研究代表者 内部英治 株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR)・脳情報通信総合研究所・
主幹研究員

研究項目 A03 認知と社会性

構造学習の脳計算モデル：脳イメージング実験と大規模WEB調査による検証

研究代表者 鈴木真介 東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教

予測符合化モデルと、自律推論する脳機構との照合

研究代表者 小村豊 京都大学・こころの未来研究センター・教授

深層学習を用いた精神疾患の計算論的検査・評価法の開発

研究代表者 山下祐一 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・神経研究所・
疾病研究第七部室長

分節構造推定による自閉症モデル霊長類の家族行動解析

研究代表者 三村 喬生 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所
脳機能イメージング研究部・研究員

【令和元年度～令和2年度公募研究】

研究項目 A01 知覚と予測

セロトニン神経系の光操作・観察によるモデルベース的意思決定の脳内機構解明

研究代表者 大村優 北海道大学・大学院医学研究院・講師

自己シミュレーションとホメオスタシスを基底とする脳のモデル研究

研究代表者 池上高志 東京大学・大学院総合文化研究科・教授

視覚心理に基づくテクスチャ特徴表現と深層特徴表現のマッピング

研究代表者 庄野逸 電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

意思決定過程と内部モデルの相互作用

研究代表者 濱口 航介 京都大学・医学研究科・講師

超大規模電気生理学を用いた睡眠中のオフライン学習アルゴリズムの解析

研究代表者 宮脇寛行 大阪市立大学・大学院医学研究科 神経生理学教室・助教

多次元の状態・行動空間における意思決定と大脳基底核の情報表現

研究代表者 鮫島和行 玉川大学・脳科学研究所・教授

予測の神経基盤：広域皮質脳波における時空間構造

研究代表者 小松三佐子 国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・研究員

樹状突起計算を統合する新しい回路学習パラダイムの創出

研究代表者 深井朋樹 沖縄科学技術大学院大学・神経情報・脳計算ユニット・教授

Learning perceptual representations in biological and artificial neural networks

研究代表者 ベヌッチ アンドレア 国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・
チームリーダー

高次視覚野の計算理論に基づくワンショット学習モデル

研究代表者 細谷晴夫 株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR)・
脳情報通信総合研究所・主任研究員

非線形ダイナミカル表現学習法の開発による脳の理解と予測

研究代表者 森岡博史 国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・
特別研究員

研究項目 A02 運動と行動

感覚予測と報酬予測を統合するメタ学習機構：計算論的理解と脳内基盤の解明

研究代表者 井澤淳 筑波大学・システム情報系・准教授

ニューラルネットワークによる神経ネットワークの動作原理の解明

研究代表者 飯野雄一 東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授

霊長類の前頭前野を巡る「行動選択」神経ネットワークの構築様式

研究代表者 井上謙一 京都大学・霊長類研究所・助教

刺激弁別の学習フェーズにおける線条体細胞タイプ特異的な神経活動の可視化

研究代表者 小林和人 福島県立医科大学・医学部・教授

行動選択におけるドーパミン神経回路の並列情報処理機構の解明

研究代表者 松本英之 大阪市立大学・大学院医学研究科・助教

モデルフリーとモデルベースの協同による深層並列強化学習

研究代表者 内部英治 株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR)・脳情報通信総合研究所・
主幹研究員

研究項目 A03 認知と社会性

自然言語処理と神経生理計測を融合した言語の神経計算モデルの構築と検証

研究代表者 大関洋平 東京大学・大学院総合文化研究科・講師

社会的身体表現による個体間相互作用の生成モデル開発

研究代表者 三村喬生 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・
放射線医学総合研究所 脳機能イメージング研究部・研究員

深層学習を用いた安静時機能的MRIからの汎用特徴量抽出

研究代表者 山下 祐一 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・
神経研究所 疾病研究第七部・室長

研究領域全体に係る事項

3 交付決定額

年度	合計	直接経費	間接経費
平成 28 年度	229,970,000 円	176,900,000 円	53,070,000 円
平成 29 年度	300,560,000 円	231,200,000 円	69,360,000 円
平成 30 年度	300,040,000 円	230,800,000 円	69,240,000 円
令和元年度	306,280,000 円	235,600,000 円	70,680,000 円
令和 2 年度	306,410,000 円	235,700,000 円	70,710,000 円
合計	1,443,260,000 円	1,110,200,000 円	333,060,000 円

4 研究領域の目的及び概要

研究領域全体を通じ、本研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時の領域計画書を基に、具体的かつ簡潔に2頁以内で記述すること。なお、記述に当たっては、どのような点が「革新的・創造的な学術研究の発展が期待される研究領域」であるか、研究の学術的背景や領域設定期間終了後に期待される成果等を明確にすること。

1) 研究の学術的背景

近年、インターネットを中心としたいわゆるビッグデータと計算機技術の進歩により、機械学習による人工知能が様々な分野で実用化され、より幅広い分野への適用の期待が高まっている。特に2012年以降、画像認識において、ディープラーニングと呼ばれる脳の視覚野の階層的な処理機構を起源とする学習方式が非常に高い性能を示すことが明らかになり、脳にならった学習方式の可能性に新たな注目が集まっている。

一方脳科学においても、機械学習の一種である強化学習のアルゴリズムがいかに脳で実現されているかという問いから、報酬の予測誤差をドーパミンニューロンが表現する、行動の選択肢の価値を線条体ニューロンが学習するなどの画期的な知見が得られている。またイメージングなどによる大量の実験データを解析する上でも、機械学習アルゴリズムの活用は必須のものとなりつつある。

これまで人工知能研究と脳研究は、「電子回路で知能を実現するには脳での実現法にこだわる必要はない」という視点と、「脳のような高度な知能の実現例があるのだから、それに学ばない手はない」という視点から、接近と乖離を繰り返してきた。1980年代後半からの「コネクショニズム」の時代には、人工神経回路網の様々な工学応用が試みられたが、そこから芽生えた機械学習理論は、カーネル法やベイジアンネットといった形で、脳での実現とは離れた形で高度化して行った。しかし近年のディープラーニングの成果は再び両者の接近を促している。

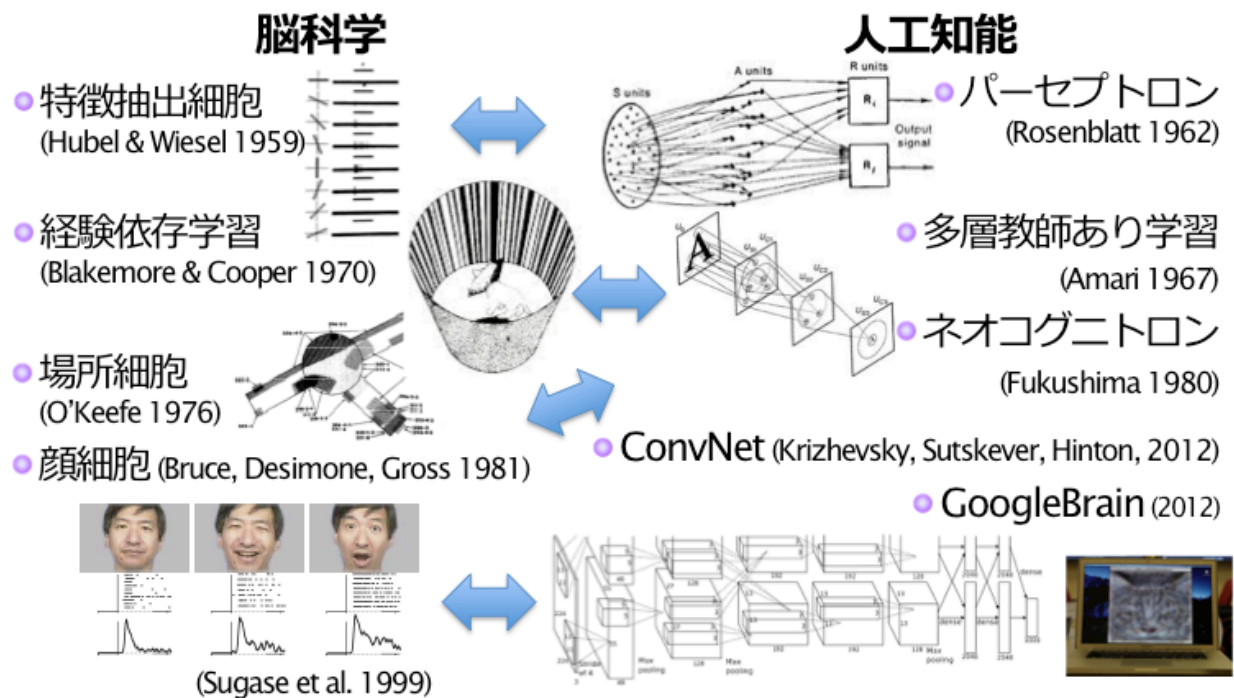


図1: 脳科学と人工知能の共進化

2) 研究目的と全体構想

本領域の目的は、それぞれの研究の高度化のなかで乖離して行った人工知能研究と脳科学研究を再び結びつけ、両者の最新の知見の学び合いから新たな研究ターゲットを探り、そこから新たな学習アルゴリズムの開発や脳機構の解明を導くことである。身体や環境、他者の特性を捉える表現学習、予測モデル学習や強化学習などが、人工知能システムではどうすればより確実に効率よく行えるか、ヒトや動物の脳ではいかに実現されているのかを包括的なテーマとして、両分野で先端的研究を行う研究者を集め、互いの知見を対照しあう中から、人工知能研究と脳科学の新たな展開をめざす。

＜どのような革新的・創造的な学術研究の発展が期待されるのか＞

「脳に学んだ情報処理」や「計算理論に基づく脳研究」という発想のもと、これまでも多くの展開があった。本領域ではその可能性をより系統的に探索し、異分野の知見と手法の融合により急速な展開が可能な研究の推進とともに、長期的には全脳レベルでの学習アーキテクチャーの解明と、そのための学術基盤の形成と人材育成を進め、国際活動支援班も活用し、新たな研究パラダイムを日本から世界に発信することをめざす。

具体的には以下の研究項目を設定し、人工知能と脳科学の先端的研究者の緊密な議論のもと、それぞれの専門分野の枠を超えた新たな問題設定とその解決に向けた共同作業を進める。

A01: 知覚と予測

今日パターン認識において高い性能を収めているディープラーニングが、なぜ、どのような条件のもとで働いているかを情報理論的に明らかにするとともに、ディープラーニングにより得られた各層での情報表現をもとに、脳の各領域のニューロンの情報表現の理解をはかる。

大脳感覚皮質の神経回路は階層的なベイズ推定を実現するという仮説を、階層ベイズ推定の様々なアルゴリズムとの対照により検証する。

A02: 運動と行動

今日のロボット技術は進歩したとはいえ、人型ロボットの運動性能は3歳の子供にも劣るレベルであり、そこには何が欠けているのか、脳の運動学習機構との対照により明らかにする。特に、多自由度系で限られたデータから必要十分な内部モデルを学習する脳の仕組みの解明と、それに基づく人型ロボットの学習制御を実現する。

脳の感覚野の学習は外界からの情報に依存した教師なし学習として理解できるのに対して、運動野の学習は自発的に行う運動に必要な情報表現を創生する必要がある、その原理は未だ明らかでない。また、大脳基底核には直接路と間接路の2つの主要な回路があり、その学習を制御するドーパミンにも複数のタイプがあるが、その計算論的な意味は明らかでない。これらについて、学習の理論と脳データを付き合わせることで新たな理解をはかる。

A03: 認知と社会性

人間の認知機能はアナログ的な感覚運動情報をカテゴリ化、分節化することで実現されていると考えられるが、それを実現する理論モデルである二重分節解析に着目し、その脳での実現の可能性を探るとともに、人型ロボットでの見まね学習や意図の推定に適用をはかる。

人間の知的行動、特に社会行動では「脳内シミュレーション」や「心の理論」などが重要な役割を果たしており、その脳内局在はfMRI実験などにより解明が進んでいるが、その神経回路レベルでの表現や学習原理を解明し、統合失調症や自閉症などの疾患の理解と、より自然な人型ロボットや知的エージェントのデザインにつなげる。

3) 領域設定期間終了後に期待される成果

今日、人工知能は半導体、インターネットに続く情報技術の次の主戦場とされ、そこで世界をリードできるかどうかは製造業やサービス業まで含めた国の全産業の浮沈を決めるとまで言われている。

人工知能研究では、確かな数学力とプログラミング技術、さらに柔軟な発想と構想力を持った若い研究者の活躍が成功の鍵であり、それには人材育成から取り組む必要がある。脳科学においても、近年得られる膨大なデータを脳の知覚と行動制御、学習機構の理解につなげるには、知的機能を実現するために必要な計算機構を十分に理解してデータの背後にある構造を見抜く必要がある。それには工学、情報科学のセンスと経験を持つ研究者と脳研究者との深いレベルでの共同作業と、そのための人材育成が必要である。

そこで本領域では、

- 1) 人工知能と脳科学の知見と手法の照合により急速な進展が見込める研究
- 2) 学習要素の全脳レベルでの統合機構の解明に向けたより基礎的かつ革新的な中長期的研究
- 3) 人工知能と脳科学の融合領域を切り開く人材育成

の3つのレベルで具体的な活動を展開する。

これらにより、人工知能と脳科学の融合科学を確立しその人材を育成することで、そこから人の意思決定や感情の特性にねざした人工知能技術の開発や、人の行動原理とその異常を理解する神経経済学、計算精神医学など新たな研究分野の発展に貢献することが期待できる。

5 審査結果の所見及び中間評価結果の所見で指摘を受けた事項への対応状況

研究領域全体を通じ、審査結果の所見及び中間評価結果の所見において指摘を受けた事項があった場合には、当該指摘及びその対応状況等について、具体的かつ簡潔に2頁以内で記述すること。

<審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況>

採択審査にあたり留意事項2点の指摘を受け、以下のように対応を行った。

・本研究領域の目標達成のためには、各計画研究代表者を始めとした参加メンバーによる領域への強いコミットメントが必要である。

参加メンバー間で問題意識を共有し、その解決に向けた協力関係を形成するため、半年ごとの領域会議での議論にとどまらず、採択の直後には湘南で合同合宿を行い、また主催した Gatsby Computational Neuroscience Unit, University College London との合同ワークショップ、神経科学大会シンポジウムや脳と心のメカニズムワークショップ等で世界トップレベルの研究者との刺激的な議論の中で、人工知能と脳科学の融合研究への領域メンバーの強いコミットメントを促進して来た。

・他の研究資金に採択されている計画研究代表者については、本研究計画を着実に遂行できるよう留意すること。

研究の進捗は半年ごとの領域会議で確認し合うとともに、論文発表や学会発表についてニュースレターや web ページでレポートしてもらうことにより、本領域のテーマに沿った研究の展開を推進して来た。

<中間評価結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況>

中間審査において留意事項3点の指摘を受け、以下のように対応を行った。

・新学術領域として、どのような新たな学問分野が創出されるのか明確でないため、研究領域全体としての方向性や研究目的を再確認するとともに、計画研究組織同士の有機的連携を進めることにより、新学術領域としての成果の創出に期待したい。

「人工知能と脳科学の対照と融合」が目指すべきものとして、人工知能技術や計算理論により脳機能を解明するという「AI から脳」の方向と、脳科学の知見を次世代の人工知能の設計開発に活かす「脳から AI」という方向の研究に加え、さらに「AI 脳融合」の新たな研究コミュニティの形成と人材育成という3つのテーマを確認した上で、それぞれにおいて新たな進展をもたらすことを重点として、研究者間の議論、連携をさらに進めてきた。

領域会議では各課題の進捗報告にとどまらず、共通する関心に応じたグループ討論を設定し、そこでの議論をもとに共著のレビュー・展望論文の執筆出版を行なった (Doya, Taniguchi, *Curr. Opin. Beh. Sci.* 2019; 松尾, 銅谷, *Brain and Nerve* 2019; 高橋, 山下, 銅谷, *Clinical Neuroscience* 2019)。

最終年度に主催した International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science では、これらの方向に沿ったセッションを企画し、AI から脳、脳から AI の研究をリードする国内外の研究者による発表と議論をもとにした展望論文を、Neural Networks 誌の特集号に出版予定である。

・計画研究 A01(松尾)について、主学会での発表がなく研究の進捗が芳しくないため更なる努力が必要である。

松尾グループでは主要国際学会への論文投稿に注力し、Matsushima et al. *ICLR 2021*, Furuta et al. *ICML 2021*, Marrese-Taylor et al. *AAAI2021*, Iwasawa et al. *IJCAI 2020*, Kawano et al. *ICLR 2020*, Shioya & Matsuo *ICLR 2018*, Toyama & Matsuo *ICLR 2018* など、人工知能、ディープラーニング分野での主要国際学会に多数の論文が採択された。

・計画研究 A03(中原)及び計画研究 A03(坂上)について、研究の進捗に遅れがあり更なる努力が必要である。

中原グループでは、Social value conversion の論文の採択までに時間がかかったが、Fukuda, Ma et al. *Journal of Neuroscience*, 2019 として出版され、それに続く論文も投稿査読中である。

坂上グループでは、サル前頭前野からの細胞種選択的なニューロン活動記録の新たな技術開発に時間を要したが、Tanaka et al. *Nature Communications* 2019 など高インパクト論文の出版を実現し、さらに4本の新たな論文が投稿査読中である。

6 研究目的の達成度及び主な成果

(1) 領域設定期間内に何をどこまで明らかにしようとし、どの程度達成できたか、(2) 本研究領域により得られた成果について、具体的かつ簡潔に5頁以内で記述すること。(1)は研究項目ごと、(2)は研究項目ごとに計画研究・公募研究の順で記載すること。なお、本研究領域内の共同研究等による成果の場合はその旨を明確にすること。

(1) 領域設定期間内に何をどこまで明らかにしようとし、どの程度達成できたか

当領域では知覚と予測、運動と行動、認知と社会性の3つの項目を設定したが、研究はこれらの枠にとらわれず展開してきた。ここではAIから脳、脳からAI、AI脳融合という3つの視点から成果を総括する。

AIから脳：人工知能技術や計算理論による脳機能の新たな理解

大脳皮質の神経回路機構を動的ベイズ推定の観点から明らかにすることをめざし、新たな理論モデルの提案を行い(Doya, *Curr. Opin. Beh. Sci.* 2021)、その検証のための実験パラダイムを開発した。データ取得と解析はコロナ禍による遅れがあったが、繰越により2021年度中に完了する予定である。

セロトニンの光遺伝学操作データのモデル解析により、セロトニンが報酬予測の事前確率を制御する(Miyazaki et al. *Nature Communications* 2018, *Science Advances* 2020)、モデルフリーとモデルベースの意思決定のバランスを制御する(Ohmura et al. *Current Biology* 2021)といった新たな発見が得られ、そこからセロトニンの新たな包括的な理論を提案した(Doya et al. *Curr. Opin. Beh. Sci.* 2021)。

これらをはじめ、人工知能の理論やアルゴリズムを生かした脳研究は、両分野の研究者の協働のもと脳機能の新たな理解をもたらした。

脳からAI：脳科学の知見を次世代の人工知能の設計開発に活かす

ヒトや動物の脳の階層並列学習制御機構からのインスピレーションをもとに、階層ロボット制御(Ishihara et al. *IEEE RAL* 2019)、並列強化学習(Wang et al. *Neural Networks* 2021)、逆強化学習(Uchibe, *Neural Processing Letters* 2017; Matsushima et al. *Front. Robotics and AI* 2020)などの開発を進めた。

さらに脳全体を多様な確率生成モデルのネットワークとして捉えて、それを汎用的な人工知能の設計原理とするという構想を打ち出し、それを実装するためのツール Neuro-SERKETを開発、公開した(Taniguchi et al. *New Generation Computing* 2020)。また、ニューロンの樹状突起と細胞体間の信号伝達の数理解析から、単一細胞での時空間パターン学習や、相互抑制回路での独立成分分析など、エネルギー効率の良いデバイス開発につながる信号処理方式を開発した(Asabuki, Fukai, *Nature Communications* 2020)。

これらを含め、ヒトの行動、脳回路、神経細胞のそれぞれのレベルで、脳にならった新たな人工知能にむけた研究成果が得られた。

AI脳融合：AIと脳科学を融合した研究コミュニティの形成と人材育成

AIと脳科学の融合をテーマとして、Gatsby Joint Workshop、神経科学大会シンポジウム、神経回路学会シンポジウム、脳と心のメカニズムワークショップなど多数のシンポジウムやワークショップを継続的に主催、共催し、融合領域の研究への関心を喚起した。また2017年、2019年には「人工知能と脳科学の対照と融合」サマースクールを主催し、また東大 IRCN とチュートリアルコースを共催するなど、若手の育成にも力を入れた。

2020年10月に開催した *International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science* は両分野の先端を走る研究者を講師に迎え、オンラインながら参加登録者が1,800名以上にのぼる反響を呼び、その成果による *Neural Networks* 誌の特集号には50件以上の論文が投稿され編集作業が進んでいる。

その後領域代表者は ICRL2021 Brain to AI Workshop, NeurIPS 2021 Deep RL Workshop 等にスピーカーとして招待されるなど、AIと脳の融合研究の国際的リーダーとして認知されている。2022年神経科学/神経回路大会では、このコミュニティにより第2回の *Artificial Intelligence and Brain Science* シンポジウムを準備中である。

このように当領域は、AIと脳科学の融合研究の国際的ネットワークの確立と人材育成に大きく貢献した。

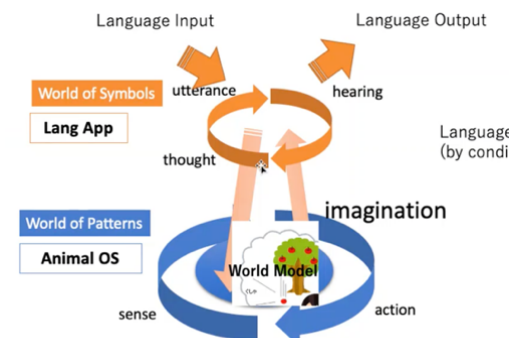
(2) 本研究領域により得られた具体的な成果(研究項目ごと計画、公募)

<A01: 知覚と予測>

ディープラーニングや強化学習をより幅広い課題に活用するためのアルゴリズム開発と、それらの理論に基づく脳機構の解明を進めた。

A01-1 松尾豊：ディープラーニングと記号処理の融合による予測性の向上に関する研究

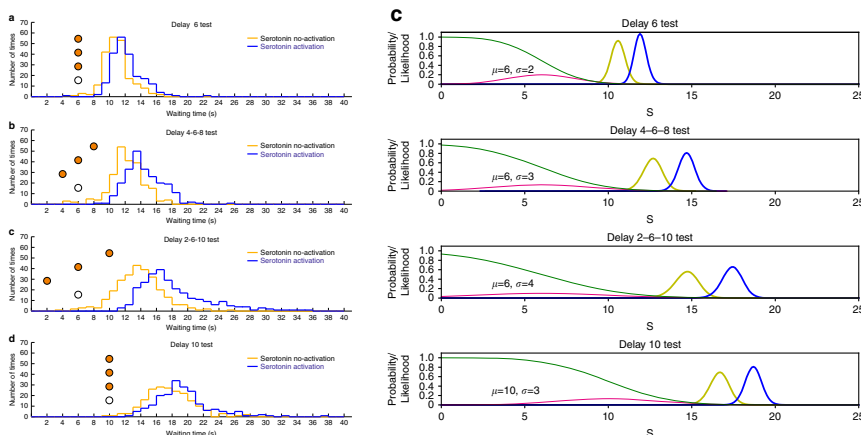
人間の知能は、感覚運動情報を扱う「動物OS」の上で記号処理を行う「言語アプリ」が走るという視点から、記号処理を組み込んだ深層強化学習の研究を進めた。言語アプリは動物OSを呼び出すことにより、視覚、聴覚や身体の動きなどを呼び起こし擬似体験をすることを可能にする。言語の意味を理解するとは、脳内のキャンバスに描くことができることである。



り、それは万能チューリングマシンにおけるテープへの書き込みと同様に、人間の知能に万能性を与える可能性を提起した。

具体的なテーマとして、文章編集の深層学習 (Marrese-Taylor et al. **AAAI** 2021)、効率の良いモデルベース強化学習 (Matsuhima et al. **ICLR** 2021) などが実現された。

A01-2 銅谷賢治：多階層表現学習の数理基盤と神経機構の解明



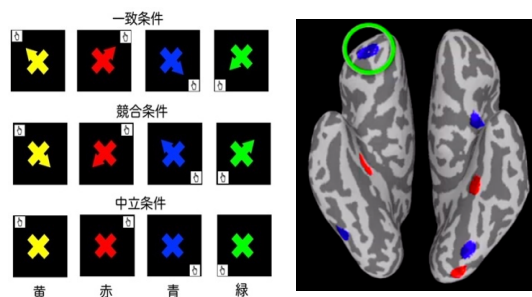
脳におけるベイズ推定の制御機構の解明に向け、マウスの報酬待機行動中のセロトニンニューロン光刺激のデータ解析を進めた。マウスはエサ報酬の待ち時間の分布の内部モデルをもち、待ち続けてもエサが得られなければその試行で報酬が得られる尤度が次第に低下し、報酬の事前確率との掛け算をもとに報酬の事後確率を計算し、それが低下すると待機行動を諦めるという仮説のもと、セロトニン光刺激は報酬の事前確率

を高めると仮定すると、実験データを再現できることを明らかにした (Miyazaki et al. **Nature Communications** 2018)。さらにセロトニン投射末端の光刺激実験により、前頭眼窩野 (OFC) と内側前頭前野 (mPFC) では、異なる種類の内部モデルが機能していることが示唆された (Miyazaki et al. **Science Advances** 2020)。

これらの結果をもとに、セロトニンは行動と学習に使える時間を脳の広範な領野にメッセージとして送るという新たな理論を提起した (Doya et al. **Curr. Opin. Beh. Sci.** 2021)。

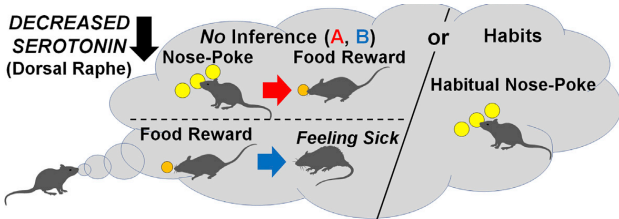
A01-3 田中啓治：コンフリクトコストに対する調和・不調和情報シーケンス効果の神経基盤の研究

脳におけるトップダウン的予測とボトムアップ的感覚応答のダイナミクスを、刺激と応答の一致性の系列効果課題により調べた。刺激の色に応じた4方向のボタン押しを事前訓練した上で、色刺激に重ねて矢印を提示すると、一致条件試行では反応時間は短くなる。従来の競合モニタリング仮説では、その効果は競合条件の後でのみ弱くなると予測されたが、実験結果は一致条件の後でのみ強くなるというものであった。経頭蓋直流電気刺激 (tDCS) の結果、外側前頭前野が一致条件の連続による予測効果を担うことが明らかになった (Li et al. **Psychophysiology** 2021)。



さらに同課題の fMRI 実験とデコーディング解析により、前頭眼窩野外側部が前試行での反応セットの情報を保持し、次試行における行為選択の認知制御を調節していることが明らかになった。

A01 公募研究 大村優：セロトニン神経系の光操作・観察によるモデルベース的意思決定の脳内機構解明

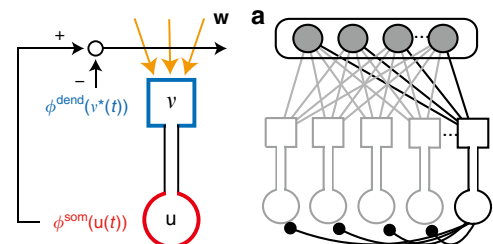


マウスに穴を選んでエサを得る行動を獲得させた後、そのエサは食中毒を起こすことを学習させる。モデルベース的意思決定ができれば穴を選ばなくなるはずだが、そればできないマウスは習慣的に穴を選んでしまう。この課題中に、背側縫線核 (DRN) のセロトニンニューロンを光刺激により抑制すると、習慣的な選択が増加した (Ohmura et al. **Current Biology** 2021)。これは、セロトニンがモデルベース的意思決定を促進することを実験的に証明した初めての結果である。

これは、セロトニンがモデルベース的意思決定を促進することを実験的に証明した初めての結果である。

A01 公募研究 深井朋樹：樹状突起計算を統合する新しい回路学習パラダイムの創出

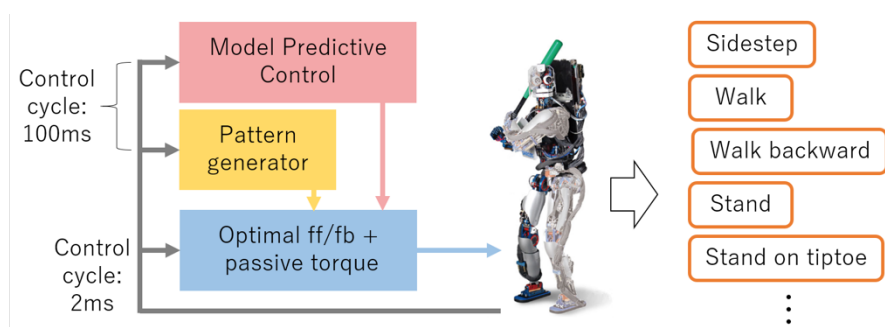
大脳皮質の錐体細胞では、細胞体のスパイク応答の樹状突起への逆伝播がシナプス可塑性を起こすという知見をヒントに、樹状突起から細胞体への情報損失を最小化するという原理で学習則を導出した (Asabuki, Fukai, **Nature Communications** 2020)。これによって単一ニューロンで反復する時空間パターンの検出が可能で、また複数ニューロンの相互抑制回路では独立成分分析 (ICA) が実現可能なことを示した。



<A02: 運動と行動>

多様な物理世界での柔軟な運動は現在の AI 技術でも難しいが、それを可能とする階層的、並列的、無意識的な脳情報処理の仕組みを解き明かし、それらの有効性をロボット実験等により示す研究を精力的に進めた。

A02-1 森本淳：自己と他者の動作データからの内部モデルの構築と行動則の獲得

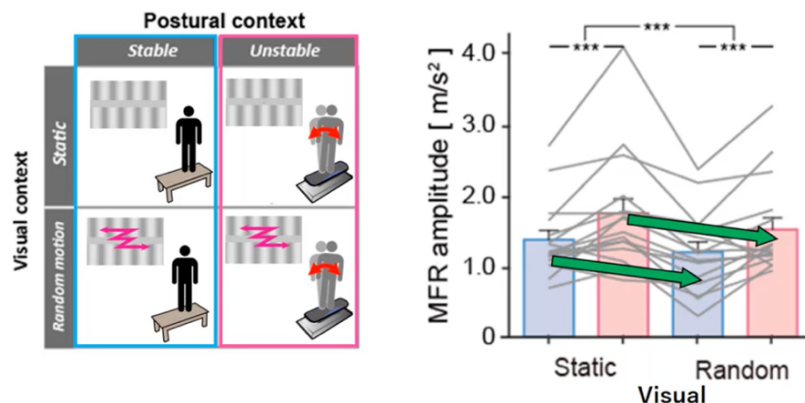


ヒトや動物の多彩な運動機能とその階層的な脳機構にならった制御アーキテクチャを開発し、ヒューマノイドロボット制御による検証を行なった。上位レベルでの行動計画と下位レベルでの運動制御ではフィードバック時間の要請に差があること、またヒトや動物の運動制御ではパターン生成回路と機械インピーダンスが重要な役割

を占めることを参考に、100ms のサイクルで動作するモデルベース予測制御とパターン生成回路に、リアルタイムの受動トルク制御回路を組み合わせたアーキテクチャを開発した (Ishihara et al. *IEEE Robotics and Automation Letters* 2019)。これにより、前後横への歩行、不整地でのスケートなど 20 以上の行動生成を可能とし、その中の複数の行動をなめらかにつないだ制御を可能なことを示した。

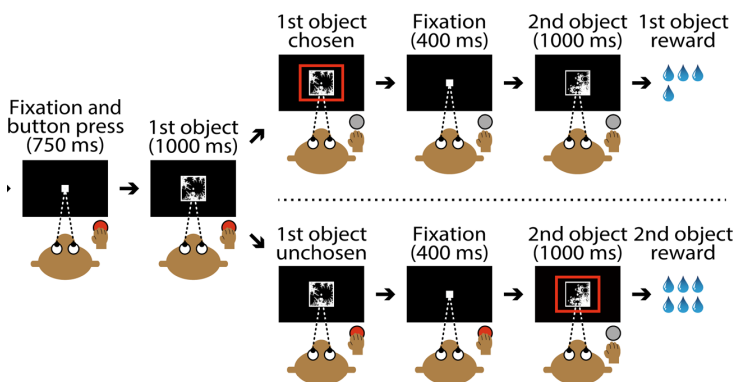
A02-2 五味裕章：潜在的運動における学習適応メカニズムの解明と計算モデル構築の研究

手先の到達運動中に背景が動くとき手先もそれにつられてシフトするという反射的視覚運動応答 (MFR) において、これはターゲット位置の錯覚によるものか、推定された身体運動を補償するものかという問題が議論されて来た (Ueda et al. *Scientific Reports* 2019)。その仮説検証のため、試行前に背景画像と被験者の足場をそれぞれランダムに動かし、視覚と身体運動の事前分布の MFR への影響を調べる実験を行なった。ベイズ推定モデルでは、MFR がターゲットの錯視によるものであれば視覚の事前分布の分散が大きい時に促進され、身体運動の推定によるものであれば体動の事前分布の分散が大きい時に促進されることが予想されるが、実験結果は後者と支持するものであった。この結果は、神経系の反射的運動制御は、感覚情報の分布や信頼度などの高次の情報に基づくことを示しており、階層制御系の設計に新たな示唆を与えるものである。



A02-3 松本正幸：報酬と注意の情報処理に関するドーパミン神経回路機構

報酬の予測から行動の選択への変換の脳内過程を明らかにするため、マカサルに異なる報酬量を予測させる視覚刺激を順に提示し、1 つ目を見た直後にそれを確保するか次の刺激を取るか選択させる課題を学習させ、1 つ目の刺激提示直後の神経活動を解析した (Yun et al. *Science Advances* 2020)。中脳ドーパミン (DA) 神経核、腹側線条体 (VS)、前頭眼窩野 (OFC) にはそれぞれ報酬予測、行動選



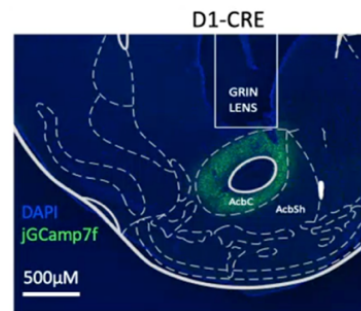
択、さらにその中間的な活動が見られたが、それらの応答のピークは DA ニューロンの方が VS ニューロンよりも早かった。さらに A02 井上により提供された光刺激プローブにより VS へのドーパミン投射末端を刺激すると、報酬予測値が中間的で行動選択が確率的な場合に選択確率が上昇した。これはドーパミンニューロンの活動が行動選択に因果的に関与することを示す新たな結果である。

A02-4 疋田貴俊：報酬/目的指向行動の神経回路機構

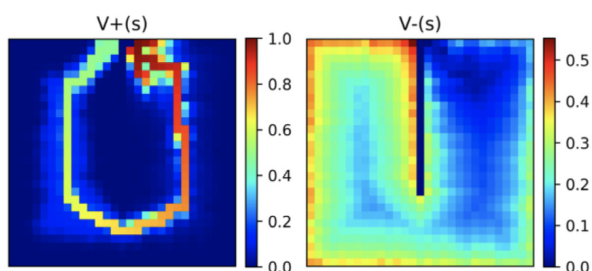
大脳基底核の直接経路と間接経路は、線条体で D1 および D2 受容体を持つニューロンにより構成され、それぞれ行動の促進と抑制に関わっていることが遺伝子操作や光刺激実験により示唆されている。しかし D1 受容体-直接経路-Go/D2 受容体-間接経路-NoGo の図式とは矛盾する報告もあり、より詳細なニューロンごとの機能の解析が求められている。

そこで、腹側線条体において D1/D2 受容体を持つニューロン選択的にカルシウムインジケータを発現させ、内視鏡顕微鏡による単一ニューロンレベルの活動記録を行なった。その結果、多くの D1 ニューロンは水報酬とそれを予測させる音刺激に対して活動を増やし、多くの D2 ニューロンは air puff とそれを予測させる音刺激に対して活動を増やしたが、それらと逆の特性を持つものも見られた。

この知見は、直接経路/間接経路内のサブ回路の存在を新たに示唆するものである。



A02 公募研究 内部英治：並列深層強化学習



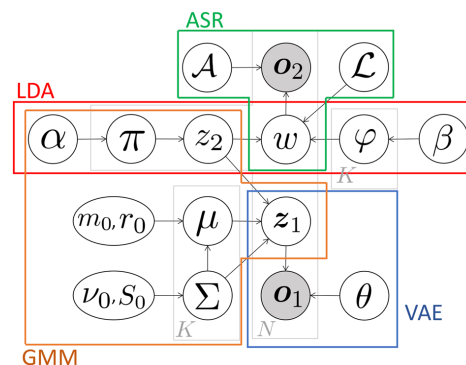
疋田、松本らによる脳の強化学習の研究は、報酬からの学習には大脳基底核直接路が、罰からの学習には大脳基底核間接路や外側手綱核が関与するという並列的な回路構造を示唆している。そこで正の報酬と負の報酬の価値関数を並列に学習し、状況に応じて組み合わせる深層強化学習 Deep MaxPain を定式化し(Wang et al. *Neural Networks* 2021)、ナビゲーション課題で、障害物を安全に避ける行動が学習されることを示した。

<A03: 認知と社会性>

外界や他者の内部モデルを学習し、それをもとに柔軟な行動と意思決定を行う AI アーキテクチャと脳アーキテクチャの研究を、両分野の協力により同時並行的に推進した。

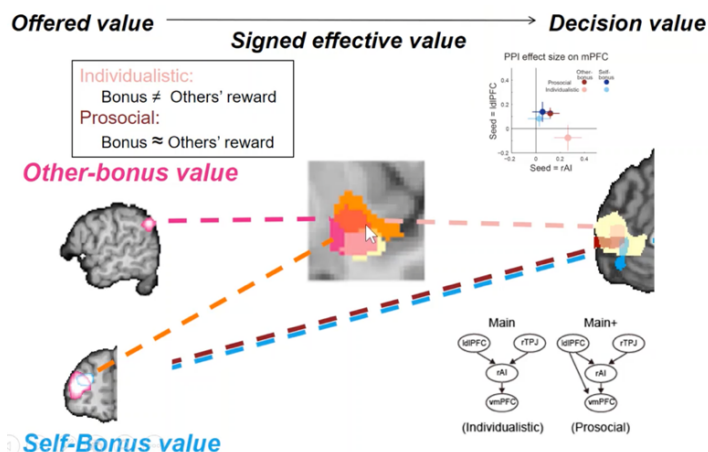
A03-1 谷口忠大：感覚運動と言語をつなぐ二重分節解析の脳内計算過程の理解と応用

ヒトの言語獲得の過程のモデルとして、視覚、聴覚、触覚、自己運動などのマルチモーダルな情報を統合した教師なし学習により、物体カテゴリー、空間構造、それらをつなぐ言語を確率的生成モデルとして獲得する枠組み SpCoSLAM の開発を進めた(Taniguchi et al. *IROS* 2017, *Advanced Robotics* 2020)。その中で、独立に構成された多様な確率モデルを組み合わせ、さらに全体として学習を進めるための手法の必要性が明らかになった。A01 松尾との共同により、変分オートエンコーダー (VAE) など最近の確率的ニューラルネットモデルを組み込み、確率モデルに基づく統合的な認知アーキテクチャの開発が可能な Neuro-SERKET を開発した(Taniguchi et al. *New Generation Computing* 2020)。



さらにその実績をもとに、脳全体をマルチモーダルな確率的生成モデルとして捉えることにより、脳の機能モジュールとその間の連携のしくみを明らかにするという研究パラダイムを打ち出した(Taniguchi et al. arXiv 2021)。これは脳の機能理解の枠組みであると同時に、汎用的な人工知能ロボットの設計指針を与えるものである。

A03-2 中原裕之：脳内他者を生かす意思決定の脳計算プリミティブの解明



ヒトの意思決定において、自己の利益と他者の利益 (social value) がいかに関係するかを定量的に明らかにするため、確率的な報酬の選択課題に加えて、確定的な「ボーナス」報酬が自己、あるいは他者に与えられる課題を新たに開発し、fMRI 実験を行なった(Fukuda, Ma et al. *J. Neuroscience* 2019)。心理生理相互作用 (PPI) および動的因果モデリング (DCM) による解析の結果、他者の利益を自己の利益と同様に好む向社会的 (prosocial) な被験者では、他者の報酬評価に関わる左背外側前頭前野 (dlPFC) から、

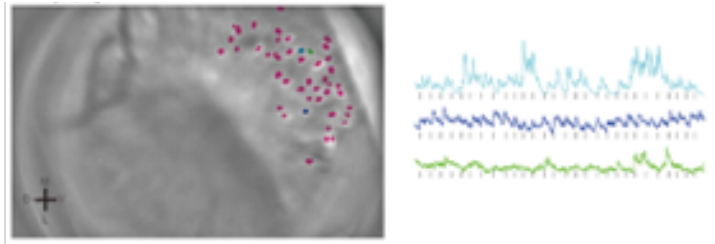
行動選択に関わる腹内側前頭前野 (vmPFC) への機能結合が見られることが明らかになった。

さらに、確率的な報酬のもので他者の行動選択を予測する課題では、他者の行動が確定的に予測できる場合は後帯状回 (RCC) が、不確かな場合には右 d1PFC が、他者の行動予測を自己の行動選択につなぐ役割を果たすことが示唆されている。これらの知見は、他者の内部モデルとそれにもとづく意思決定に関わる計算要素のなす脳回路を具体的に解明すると同時に、社会的知性を持つ人工知能エージェントの設計にも貢献するものである。

A03-3 坂上雅道：前頭前野における情報の抽象化と演繹的創生の神経メカニズムの研究

マカサルのサッケード課題で、固視点を2秒間固視してから行う高コスト (HC) 条件と、0.5秒だけ固視すれば良い低コスト (LC) 条件で、ドーパミンニューロンの活動を比較した。課題条件を提示するキューに対する応答は LC 条件の方が大きく、報酬の有無を知らせるキューに対する応答は HC 条件の時の方が大きく、さらに HC 条件では学習が促進された (Tanaka et al. *Nature Communications* 2019)。この知見は、困難なゴールに到達した時ほど達成感が強いという経験を、ドーパミンニューロンの応答から裏打ちするものであり、教育やトレーニングのプログラムなど広範な示唆を与えるものである。

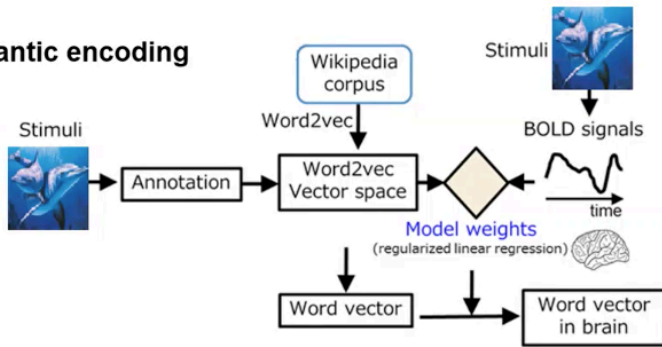
さらに霊長類の神経回路研究の新たな手法を確立するために、DREADD を使った前頭前野-大脳基底核の経路選択的機能遮断法 (A02 小林との共同研究)、大脳皮質の in vivo カルシウムイメージング法 (A02 井上との共同研究) の開発を行い、ともにニホンザルへの適用に成功した。



A03-4 高橋英彦：精神疾患における思考の障害の神経基盤の解明と支援法の開発

統合失調症における脳内意味ネットワークの変容の可能性を探るため、自然動画刺激に対する脳活動を fMRI 計測し、動画の説明文から Word2vec により得た特徴ベクトルにより回帰分析することによりし、被験者の脳内意味ネットワークを推定した。グラフ理論による分析の結果、統合失調症患者の脳内意味ネットワークは、クラスタリング係数、特徴パス長、スモールワールド性が、健常者よりも有意に低く、またこれらの特徴量は妄想症状の強い患者ほど低いことがわかった。

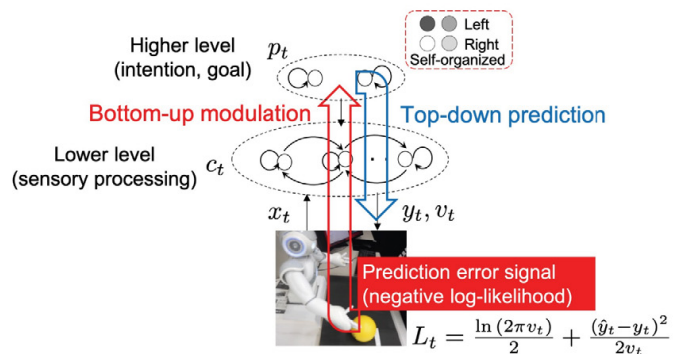
Semantic encoding



一方、ネットワークのモジュラリティは患者の方が高かった。このことは統合失調症患者の意味ネットワークは分断が進み、すみやかな情報伝達や状態遷移を可能にするスモールワールド性が損なわれていることを示唆している。

A03 公募研究 山下 祐一：深層学習を用いた安静時機能的MRIからの汎用特徴量抽出

自閉症などの発達障害では、感覚応答の鈍さと過敏性の両方が見られるが、そのメカニズムは不明である。階層的な回帰ニューラルネットワークによるロボットの行動学習実験で、上位と下位との結合を減弱させると、状況依存的に感覚応答の鈍さと過敏性が現れることが明らかになった (Idei et al. *Neural Networks* 2020)。この結果は、一見矛盾するような発達障害の症状が、長距離の神経結合の障害として統一的に理解できる可能性を示している。



7 研究発表の状況

研究項目ごとの計画研究・公募研究の順で、本研究領域により得られた研究成果の発表の状況(主な雑誌論文、学会発表、書籍、産業財産権、ホームページ、主催シンポジウム、一般向けアウトリーチ活動等。二重下線は研究代表者、二重下線は研究分担者には、*は corresponding author、+は equal contribution を表す。)

<A01 知覚と予測 計画研究>

A01-1 松尾豊：ディープラーニングと記号処理の融合による予測性の向上に関する研究

<雑誌論文>

- *Kobayashi Y, Suzuki M, Matsuo Y (2023) Learning global spatial information for multi-view object-centric models. **Advanced Robotics**, 37, 8, (reviewed)
- *Matsushima T, Noguchi Y, Arima J, Aoki T, Okita Y, Ikeda Y, Ishimoto K, Taniguchi S, Yamashita Y, Seto S, Shane Gu S, Iwasawa Y, Matsuo Y (2022) World robot challenge 2020 – partner robot: a data-driven approach for room tidying with mobile manipulator. **Advanced Robotics**, 36, 17–18, 850-869. (reviewed)
- *Suzuki M, Matsuo Y (2022) A survey of multimodal deep generative models. **Advanced Robotics**, 36, 261–278. (reviewed)
- *Akuzawa K, Iwasawa Y, Matsuo Y (2021) Information-theoretic regularization for learning global features by sequential VAE. **Machine Learning**, 110, 2239–2266. (reviewed)
- *Matsushima T, Naruya Kondo, Iwasawa Y, Kaoru Nasuno, Matsuo Y (2020) Modeling Task Uncertainty for Safe Meta-imitation Learning. **Frontiers in Robotics and AI**, 7, 189. (reviewed)
- *小林由弥, 鈴木雅大, 松尾豊 (2023) 深層生成モデルによる背景情報を利用したシーン解釈. 人工知能学会論文誌, 38, 3. (reviewed)
- *張鑫, 松嶋達也, 松尾豊, 岩澤有祐 (2023) マルチモーダルなメタ模倣学習. 人工知能学会論文誌, 38, 2, A-LB3_1-10. (reviewed)
- *蔭山智, 鈴木雅大, 落合桂一, 松尾豊 (2023) 顔の角度情報を用いた DeepFake 動画の検出手法の提案. 電子情報通信学会和文論文, J106-D, 4. (reviewed)
- *小林由弥, 鈴木雅大, 松尾豊 (2022) Transformer と自己教師あり学習を用いたシーン解釈手法の提案. 人工知能学会論文誌, 37, 2, I-L75_1-17. (reviewed)
- *岡本弘野, 鈴木雅大, 松尾豊 (2021) 深層ニューラルネットワークの中間層出力を利用した半教師あり分布外検知. 情報処理学会論文誌, 62, 4, 1142 - 1151. (reviewed)
- *久保静真, 岩澤有祐, 鈴木雅大, 松尾豊 (2019) 服の領域を考慮した写真上の人物の自動着せ替えに関する研究. 情報処理学会論文誌, 60, 3, 870-879. (reviewed)
- *鈴木雅大, 松尾豊 (2018) 深層生成モデルを用いた半教師ありマルチモーダル学習. 情報処理学会論文誌, 59, 12, 2261 - 2278. (reviewed)
- *鈴木雅大, 松尾豊 (2017) 異なるモダリティ間の双方向生成のための深層生成モデル. 情報処理学会論文誌, 59, 3, 859-873. (reviewed)
- *中山浩太郎, 松尾豊 (2016) GeSdA - GPU 上での Autoencoder 処理並列化による高速 Deep Learning の実装. 情報処理学会論文誌, 9, 2, 46-54.

<査読付国際会議論文>

- *Shinoda K, Takezawa Y, Suzuki M, Iwasawa Y, Matsuo Y (2023) Improving the Robustness to Variations of Objects and Instructions with A Neuro-Symbolic Approach for Interactive Instruction Following. the 29th International Conference on MultiMedia Modeling.
- *Furuta H, Matsuo Y, Gu SS (2022) Generalized Decision Transformer for Offline Hindsight Information Matching. International Conference on Learning Representations 2021.
- *Furuta H, Kozuno T, Matsushima T, Matsuo Y, and Shane Gu S (2021) Co-Adaptation of Algorithmic and Implementational Innovations in Inference-based Deep Reinforcement Learning. Neural Information Processing Systems 2021.
- *Iwasawa Y, Matsuo Y (2021) Test-Time Classifier Adjustment Module for Model-Agnostic Domain Generalization. Neural Information Processing Systems 2021.
- *Akuzawa K, Iwasawa Y, Matsuo Y (2021) Estimating Disentangled Belief about Hidden State and Hidden Task for Meta-Reinforcement Learning. Learning for Dynamics and Control.
- *Matsushima T, Furuta H, Matsuo Y, Nachum O, Gu SS (2021) Deployment-Efficient Reinforcement Learning via Model-Based Offline Optimization. International Conference on Learning Representations 2021. (ICLR 2021).

- *Furuta H, Matsushima T, Kozuno T, Matsuo Y, Levine S, Nachum O, Shane Gu S (2021) Policy Information Capacity: Information-Theoretic Measure for Task Complexity in Deep Reinforcement Learning. International Conference on Machine Learning 2021. (ICML 2021).
 - *Marrese-Taylor E, Reid M, Matsuo Y (2021) Variational Inference for Learning Representations of Natural Language Edits. The Thirty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2021).
 - *Iwasawa Y, Akuzawa K, Matsuo Y (2021) Stabilizing Adversarial Invariance Induction from Divergence Minimization Perspective. the 29th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI2020).
 - *Kawano M, Kumagai W, Sannai A, Iwasawa Y, and Matsuo Y (2020) Group Equivariant Conditional Neural Processes. International Conference on Learning Representations 2021."
 - *Matsushima T, Kondo N, Iwasawa Y, Nasuno K, Matsuo Y (2019) Measuring Task Uncertainty in Meta-Imitation Learning. Proceedings of the workshop on Deep Probabilistic Generative Models for Cognitive Architecture in Robotics at IROS2019.
 - *Akuzawa K, Iwasawa Y, Matsuo Y (2018) Expressive Speech Synthesis via Modeling Expressions with Variational Autoencoder. Interspeech, 2018.
 - * Shioya H, Matsuo Y (2018) Extending Robust Adversarial Reinforcement Learning Considering Adaptation and Diversity. International Conference of Learning Representation.
 - *Toyama J, Matsuo Y (2018) Expert-based reward function training: the novel method to train sequence generators. International Conference of Learning Representation.
- <学会発表等>
- 山川宏, 松尾豊 (2022) 人間のように多様な Entification を行う AI. 第 22 回 汎用人工知能研究会.
 - *山根広暉, 野口裕貴, 青山裕良, 松嶋達也, 岡田領, Pavel Savkin, 佐野元紀, 松尾豊 (2022) 段階的な指示による陳列動作の模倣学習. 人工知能学会全国大会 2022.
 - *佐藤誠人, 海野良介, 古田拓毅, 松嶋達也, 岡田領, Pavel Savkin, 佐野元紀, 松尾豊 (2022) 画像の Mid-Level な表現による物体操作の模倣学習手法の検討. 人工知能学会全国大会 2022.
 - *松嶋達也, 有馬純平, 鈴木海渡, 岩澤有祐, 松尾豊 (2022) 制御方策の学習アルゴリズムにおける時間の離散化の影響と連続時間への拡張に向けた考察. 人工知能学会全国大会 2022.
 - *山川宏, 布川絢子, 松尾豊 (2022) 意識の Entification 仮説. 人工知能学会全国大会 2022.
 - *篠田一聡, 竹澤祐貴, 鈴木雅大, 岩澤有祐, 松尾豊, (2021) Interactive Instruction Following のための Neuro-Symbolic 手法による多様な物体と言語指示への頑健性の向上. 人工知能学会全国大会 2021.
 - *竹澤祐貴, 篠田一聡, 鈴木雅大, 岩澤有祐, 松尾豊 (2021) Instruction Following における構成的タスク表現の獲得. 人工知能学会全国大会 2021.
 - *小林由弥, 鈴木雅大, 松尾豊 (2021) Transformer を用いた深層生成モデルによる教師なし物体認識手法の提案. 人工知能学会全国大会 2021.
 - *近藤生也, 岩澤有祐, 松尾豊 (2021) スキルに基づく探索方策による世界モデルの学習. 人工知能学会全国大会 2021.
 - *阿久澤圭, 岩澤有祐, 松尾豊 (2021) ナビゲーション課題における視覚と言語の対応づけのための軌道の大域表現の半教師あり学習. 人工知能学会全国大会 2021.
 - *松嶋達也, 古田拓毅, 顧世翔, 松尾豊 (2020) オフラインデータを利用したモデルベース強化学習. 人工知能学会全国大会 2020.
 - *阿久澤圭, 岩澤有祐, 松尾豊 (2020) Posterior Collapse の情報識別可能性による解釈と条件付き相互情報量最大化を用いた対策. 人工知能学会全国大会 2020.
 - *谷口尚平, 岩澤有祐, 松尾豊 (2020) 集合を扱う償却変分推論. 人工知能学会全国大会 2020.
 - *鈴木 雅大, 松尾豊 (2020) 深層生成モデルのエネルギー関数を用いた補助情報に基づく条件付き画像修復. 人工知能学会全国大会 2020.
 - *谷口尚平, 岩澤有祐, 松尾豊 (2019) メタ学習としての Generative Query Network. 人工知能学会全国大会 2019.
 - *鈴木雅大, 金子貴輝, 谷口尚平, 松嶋達也, 松尾豊 (2019) Pixyz: 複雑な深層生成モデル開発のためのフレームワーク. 人工知能学会全国大会 2019.
 - *久保静真, 岩澤有祐, 鈴木雅大, 松尾豊 (2019) 身体 of 3 次元構造を考慮したニューラル仮想試着. 人工知能学会全国大会 2019.
 - *岩澤有祐, 松尾豊 (2018) 類似度学習を用いた敵対的訓練による特徴表現の検閲. 人工知能学会全国大会 2018.
 - *鈴木雅大, 松尾豊 (2018) 半教師ありマルチモーダル深層生成モデルにおける共有表現の有効性と単一モダリティ入力への拡張. 人工知能学会全国大会 2018.

- *久保静真, 岩澤有祐, 松尾豊 (2018) 服の領域を考慮した写真上の人物の自動着せ替えに関する研究. 人工知能学会全国大会 2018.
- *富山翔司, 岩澤有祐, 松尾豊 (2018) 系列生成器の訓練のためのエキスパート系列に基づく報酬関数の学習方法の提案. 人工知能学会全国大会 2018.
- *那須野薫, 松尾豊 (2017) 深層強化学習におけるオフライン事前学習法. 人工知能学会全国大会 2017.
- *富山翔司, 味曾野雅史, 鈴木雅大, 中山浩太郎, 松尾豊(2017) 画像とテキストの潜在的な意味情報を用いたニューラル翻訳モデルの提案. 人工知能学会全国大会 2017.
- *松尾豊 (2017) ディープラーニングと進化. 人工知能学会全国大会 2017."
- 鈴木雅大, 松尾豊 (2018) 異なるモダリティ間の双方向生成のための深層生成モデル. 情報処理学会 2018 年度論文賞.

A01-2 銅谷賢治：多階層表現学習の数理基盤と神経機構の解明

<雑誌論文>

- *Yoshizawa T, Ito M, *Doya K (2023). Neuronal Representation of a Working Memory-Based Decision Strategy in the Motor and Prefrontal Cortico-Basal Ganglia Loops. **eNeuro**, 10(6) ENEURO.0413-22.2023.
- *Abekawa N, Doya K, Gomi H (2022) Body and visual instabilities functionally modulate implicit reaching corrections. **iScience**, 26
- *Lalande F, Trani A (2022) Predicting the stability of hierarchical triple systems with convolutional neural networks. **The Astrophysical Journal**, 938,18. (Research article)
- *Doya K, Friston K, Sugiyama M, Tenenbaum J (Guest Editors) (2022) Neural Networks special issue on Artificial Intelligence and Brain Science. **Neural Networks**, 155, 328-329. (Editorial)
- *Doya K, Ema A, Kitano H, Sakagami M, Russell S (2022) Social impact and governance of AI and neurotechnologies. **Neural Networks**, 152, 542-554. (Perspective article)
- *Ito J, Joana C, Yamane Y, Fujita I, Tamura H, Maldonado P, Grün S (2022) Latency shortening with enhanced sparseness and responsiveness in V1 during active visual sensing. **Scientific Reports**, 12, 6021. (Research)
- *Taniguchi T, Yamakawa H, Nagai T, Doya K, Sakagami M, Suzuki M, Nakamura T, Taniguchi A (2021) A whole brain probabilistic generative model: Toward realizing cognitive architectures for developmental robots. **Neural Networks**, 150, 293-312. (Review)
- *Zhang X, Liu Y, Xu X, Huang Q, Mao H, Carie A (2021) Structural relational inference actor-critic for multi-agent reinforcement learning. **Neurocomputing**, 459, 383-394. (Research)
- *Doya K (2021) Canonical cortical circuits and the duality of Bayesian inference and optimal control. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, 41, 160-167. (Review)
- *Miyazaki K, Miyazaki KW(2021) Increased serotonin prevents compulsion in addiction. **Science**, 373, 1197-1198. (Commentary)
- *Uchibe E, Doya K (2021) Forward and inverse reinforcement learning sharing network weights and hyperparameters. **Neural Networks**, 144, 138-153. (Research)
- *Desforges M, Taira M+ (2021) ZFPM1 Necessary for Development of Serotonergic Projections Related to Anxiety and Contextual Fear Learning. **Journal of Neuroscience**, 41, 3945-3947. (Review)
- Doya K, Miyazaki, KW, Miyazaki K (2020) Serotonergic modulation of cognitive computations. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, 38, 116-123.
- Gutierrez CE, Skibbe H, Nakae K, Tsukada H, Lienard J, Watakabe A, Hata J, Reisert M, Woodward W, Yamaguchi Y, Yamamori T, Okano H, Ishii S, Doya K (2020) Optimization and validation of diffusion MRI-based fiber tracking with neural tracer data as a reference. **Scientific Reports**, 21285(2020).
- Miyazaki K, Miyazaki, KW, Sivori G, Yamanaka A, Tanaka KF, Doya K (2020) Serotonergic projections to the orbitofrontal and medial prefrontal cortices differentially modulate waiting for future rewards. **Science advances**, 6, eabc7246
- Abe Y, Takata N, Sakai Y, Hamada HT, Hiraoka Y, Aida T, Tanaka K, Bihan DL, Doya K, Tanaka KF (2020) Diffusion functional MRI reveals global brain network functional abnormalities driven by targeted local activity in a neuropsychiatric disease mouse model. **Neuroimage**, 223, 117318. (reviewed)
- Han D, Doya K, Tani, J (2020) Self-organization of action hierarchy and compositionality by reinforcement learning with recurrent neural networks. **Neural Networks**, 129, 149-162. (reviewed)
- Doya K, Taniguchi T (2019) Toward evolutionary and developmental intelligence. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, 29, 91-96. (reviewed)
- Tokuda T, Yoshimoto J, Shimizu Y, Okada G, Takamura M, Okamoto Y, Yamawaki S, Doya K (2018) Identification of depression subtypes and relevant brain regions using a data-driven approach. **Scientific reports**, 8, 14082. (reviewed)

- Miyazaki K, Miyazaki, KW, Yamanaka A, Tokuda T, Tanaka KF, Doya K (2018) Reward probability and timing uncertainty alter the effect of dorsal raphe serotonin neurons on patience. **Nature Communications**, 9, 2048, . (reviewed)
- *Magrans de Abril I, Yoshimoto J, Doya K (2017) Connectivity inference from neural recording data: Challenges, mathematical bases and research directions. **Neural Networks**, 102, 120-137. (reviewed)
- *Yoshizawa T, Ito M, Doya K (2017) Reward-predictive neural activities in striatal striosome compartments. **eNeuro**, 5, 1, 0367. (reviewed)
- *Elfwing S, Uchibe E, Doya K (2017) Sigmoid-weighted linear units for neural network function approximation in reinforcement learning. **Neural Networks, Special Issue 2017**, 17, 30297-6. (reviewed)
- *Tokuda T, Yoshimoto J, Shimizu Y, Okada G, Takamura M, Okamoto Y, Yamawaki S, Doya K (2017) Multiple co-clustering based on nonparametric mixture models with heterogeneous marginal distributions. **PLoS One**, 12, 10, e0186566. (reviewed)
- *Wang J X, Uchibe E, Doya K (2016) Adaptive Baseline Enhances EM-Based Policy Search: Validation in a View-Based Positioning Task of a Smartphone Balancer. **Frontiers in Neurobotics**, 11, 43115. (reviewed)
- Takahashi H, Yamashita Y, Doya K (2020) AIと脳神経科学—精神神経疾患へのデータ駆動と理論駆動のアプローチ. **Clinical Neuroscience**, 38, 1358-1363. (invited)
- 銅谷賢治, 松尾豊 (2019) 人工知能と脳科学の現在とこれから. **BRAIN and NERVE 増大特集 人工知能と神経科学**, 71(7), 649-655. (invited)
- <査読付国際会議論文>
- Parmas, P, Seno T, Yuma Aoki Y (2023) Model-based reinforcement learning with scalable composite policy gradient estimators. **ICML 2023**.
- Parmas P, Seno T (2022) Proppo: A message passing framework for customizable and composable learning algorithms. The 35th Conference on Neural Information Processing Systems (**NeurIPS2022**).
- Parmas P, Sugiyama M (2021) A unified view of likelihood ratio and reparameterization gradients and an optimal importance sampling scheme. 24th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (**AISTATS 2021**). Proceedings of Machine Learning Research (PMLR), 130, 4078-4086. (reviewed)
- Han D, Doya K, Tani, Jun (2020) Variational recurrent models for solving partially observable control tasks. Eighth International Conference on Learning Representations (**ICLR 2020**).
- Vieillard N, #Kozuno T, Scherrer B, Pietquin O, Munos R, Geist M (2020) Leverage the average: an analysis of KL regularization in reinforcement learning. Neural Information Processing Systems Online Conference 2020 (**NeurIPS 2020**).
- Kozuno T, Uchibe E, Doya K (2019) Theoretical analysis of efficiency and robustness of softmax and gap-increasing operators in reinforcement learning. 22nd International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (**AISTATS 2019**). Proceedings of Machine Learning Research (PMLR), 89, 2995-3003. (reviewed)
- Parmas P (2018) Total stochastic gradient algorithms and applications in reinforcement learning. The 32nd Conference on Neural Information Processing Systems (**NeurIPS2018**).
- Parmas P, Rasmussen CE, Peters J, Doya K (2018) PIPPS: Flexible model-based policy search robust to the curse of chaos. The 35th International Conference on Machine Learning (**ICML2018**).
- Reinke C, Uchibe E, Doya K (2017) Average Reward Optimization with Multiple Discounting Reinforcement Learners. **ICONIP 2017** (Lecture Notes in Computer Science).
- <学会発表等>
- Doya K (2023) Possible roles of the basal ganglia in control and inference. Swedish Basal Ganglia Society Seminar.
- Doya K (2023) Big Data Challenges in Neuroscience. Microsoft Shang-Hai Seminar.
- Doya K (2023) What Can We Further Learn from the Brain for AI?. National Yang Ming Chiao Tung University Seminar.
- Miyazaki K (2022) Serotonin mechanism for regulating reward waiting behavior. The 100th Anniversary Annual Meeting of The Physiological Society of Japan.
- Doya K (2022) Neural Circuits for Reinforcement Learning and Mental Simulation. The Taiwan Society of Cognitive Neuroscience Meeting (**TSCN**).
- *Li Y, Doya K (2022) Neural connectivity among different layers changes at different brain states. Workshop on the Mechanism of Brain and Mind.
- *Desforges M, Flotho P, Kuhn B, Doya K (2022) Two-photon imaging of extracellular neuromodulator activity reveals spatiotemporal. Workshop on Mechanism of Brain and Mind.
- Doya K (2022) What it takes to create a humanoid. Humanoids2022.
- *Desforges M, Flotho P, Kuhn B, Doya K (2022) Simultaneous recording of neuromodulator and calcium spatiotemporal activity reveals. Society for Neuroscience Annual Meeting.
- *Lalande F, Doya K (2022) Numerical data imputation: choose kNN over deep learning. **SISAP 2022**.

- Doya K (2022) Data-Driven and Theory-Driven Approaches in Neuroscience. 2nd Taiwan Society for Neuroscience Meeting.
- *Li Y, Doya K (2022) Dual Bayesian PCA for Factor Analysis on Calcium imaging data.. The 45th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (**Neuron 2022**).
- Doya K (2022) Serotonin and model-based decision making. the Reward and Decision-Making meeting.
- *Han D, Kozuno T, Luo X, Chen Z, Doya K, Yang Y, Li D (2022) Variational oracle guiding for reinforcement learning. International Conference on Learning Representations (**ICLR2022**).
- Doya K (2021) Embodied agents for survival, reproduction, and prediction. International Conference on Embodied Intelligence.
- Doya K (2021) Canonical Cortical Circuits and the Duality of Inference and Control. 43rd Annual Meeting, National Institute of Neuroscience.
- Doya K (2021) Context-dependent interaction of dopamine and serotonin. **COSYNE2022** Neuromodulation Workshop.
- Taira M (2021) Serotonergic Control of Model-based Decision Making. **COSYNE2022**.
- Doya K (2021) Neural Circuits for Mental Simulation. 8th Annual Conference of Cognitive Science.
- Doya K (2021) Natural and artificial reinforcement learning. Deep Reinforcement Learning Workshop, NeurIPS2021.
- Doya K (2021) The duality of inference and control as a key to understanding canonical cortical circuits. RIKEN-OIST symposium.
- Doya K (2021) Neuromodulation of Inference and Control in the Cortical Circuits. Sydney Neuroimaging Analysis Centre.
- Doya K (2021) Neural Circuits for Mental Simulation. FUJITA ブレインサイエンスセミナー.
- Doya K (2021) 強化学習とベイズ推定の神経回路を探る. TOKYO ニューロサイエンス研究会 .
- Doya K (2021) Neural Circuits for Mental Simulation. Neural Circuit Complexity: BrainCosmos Summer School .
- Doya K (2021) Reinforcement learning and Bayesian inference. AI and Brain Computation Summer School, Cold Spring Harbor Asia.
- Doya K (2021) Toward Data-driven Brain Science. Physics informed AI Seminar.
- Doya K (2021) What Can We Further Learn from the Brain for AI?. APNNS/IEEE-CIS DLAI Summer School 2021.
- *Li Y, Doya K (2021) Investigation of information flow and temporal-spatial organization of neurons across cortical layers from multi-depth two-photon imaging data. **JNNS2021**.
- Doya K (2021) The duality of control and inference as a clue for cracking the codes of frontal and sensory cortical architectures. CJK Symposium 17, Theoretical Brain, The 44th annual meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Taira M (2021) The effect of photoinhibition of dorsal raphe serotonin neurons on stationary waiting and sustained motor actions for future rewards. The 44th annual meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Doya K (2021) Duality of control and inference and the cortical circuit architecture. **SBDM 2021**.
- Doya K (2021) What can we learn from the brain for future AI? . Brain2AI Workshop, International Conference on Learning Representations (**ICLR 2021**).
- Rahman F, Doya K, Mickheyev A (2020) Identifying the Evolutionary Conditions for the Emergence of Alternative Reproductive Tactics in Simulated Robot Colonies. **AROB 25th 2020**.
- Kasahara K, Nakamura T, Uehara K, Ogata Y, Doya K, Hanakawa T (2020) Effects of transcranial direct current stimulation in brain-computer interface. 2021 IEEE 3rd Global Conference on life science and technology (**LifeTech 2021**).
- Doya K (2020) Neural circuit for mental simulation. China-Japan Expert Symposium on Brain Science.
- Shimizu Y, Yoshimoto J, Takamura M, Okada G, Matsumoto T, Fuchikami M, Okada S, Morinobu S, Okamoto Y, Yamawaki S, Doya K (2020) Maximum credibility voting (MCV): An integrative approach for accurate diagnosis of major depressive disorder from clinically readily available data. **APSIPA 2020** online.
- Sugiura I, Irei T, Doya K, Kurata K, Miyata R (2020) Effects of the neural activity in basal ganglia on the choice behavior in rats. The 30th Annual Conference of Japanese Neural Network Society (**JNNS2020**).
- Doya K (2020) AI and brain science. 2020 IEEE CIS Summer School on Emerging Research Trends in Computational Intelligence: Theory and Applications.
- Li Y, Doya K (2020) Extracting information flow across cortical layers from multi-depth two-photon imaging data. 第 63 回自動制御連合講演会.
- Doya K (2020) Communication and Self-organization of Intelligent Agents. **NOLTA 2020**.
- Doya K (2020) Toward the society of AI agents: what should we learn from the brain and human society. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.
- Li Y, Doya K (2020) Neuron hubs distributed differently in deep layers and superficial layers in different brain states. The 1st Asia-Pacific Computational and Cognitive Neuroscience Conference. (**2020 AP-CCN**).

Doya K (2020) What can we further learn from the brain for artificial intelligence?. Neurotheory Forum.

Doya K (2020) How to let robots learn, develop, communicate and evolve. Latin American Summer School on Cognitive Robotics (**LACORO**).

Doya K (2020) What can we further learn from the brain for artificial intelligence. Neuroscience2020.

Doya K (2020) 脳内シミュレーションの神経機構. Online 東京大学医学部 機能生物学セミナー. Seminar

Doya K (2020) Neural circuits for mental simulation. Online seminar NeuFo Monday Seminar, University of Geneva.

Doya K (2020) Neural implementation of reinforcement learning. Virtual Seminar at DeepMind Paris. Seminar Hikishima-Kasahara K and Doya K (2020) Changes in the basal ganglia-thalamic functional connectivity induced by longitudinal motor training in mice. Neuroscience 2020.

Li Y, Doya K (2020) Investigation of temporal and spatial origination of neural network in sensory cortex.. The 30th Annual Conference of Japanese Neural Network Society (**JNNS2020**).

Doya K (2020) Toward multi-scale brain data assimilation. CNS*2020 Workshop: Machine learning and mechanistic modeling for understanding brain in health and disease.

Doya K (2019) How Can the Brain Connect Predictors and Actors on the Fly?. Workshop on Learning for flexible, context-sensitive behavior.

Doya K (2019) What can we further learn from the brain for artificial intelligence?. The 20th winter workshop Mechanism of Brain and Mind.

Parmas P, Sugiyama M (2019) A unified view of likelihood ratio and reparameterization gradients and an optimal importance sampling scheme. Deep Reinforcement Learning Workshop, **NeurIPS**.

Ota S, Doya K (2019) Intrinsic motivation in creative activity: A human behavioral experiment for identifying the factors that influence intrinsic motivation. **WIML, NeurIPS**.

Doya K (2019) Toward whole-brain multi-scale modeling. New Balance Nationals Indoor (**NBNI2019**).

Doya K (2019) Patience, Confidence and Serotonin. Blue Brain Seminar.

Doya K (2019) What Can We Further Learn from the Brain for Cognitive Robotics? IROS 2019 Workshop: Deep Probabilistic Generative Models for Cognitive Architecture in Robotics.

Doya K (2019) Systems Biology of Reinforcement Learning. International Conference on Systems Biology (**ICSB 2019**).

Doya K (2019) Reinforcement Learning in Machines and the Brain. Conference on Robot Learning (**CoRL 2019**).

Miyazaki KW, Miyazaki K, Yamanaka A, Tanaka KF, Doya K (2019) Stimulation of serotonergic terminals in the orbitofrontal and medial prefrontal cortices differentially affects waiting for the future rewards. Society for Neuroscience (**SfN 2019**).

Doya K (2019) Neural Circuits for Reinforcement Learning and Mental Simulation. **IBRO 2019** Symposium: Valence and Reward Encoding.

Doya K (2019) Neural circuits for mental simulation. International Conference on Cognitive Science (**ICCS2019**).

Ota S, Doya K (2019) Intrinsic motivation in play: Preliminary experiment for analyzing how learning environmental condition influences intrinsic motivation. International Conference on Cognitive Science (**ICCS 2019**).

Doya K (2019) What can we further learn from the brain for AI and robotics? Global AI Summit: Cognitive AI: Cognitive AI.

Doya K (2019) Big Data Challenges in Neuroscience. IEEE CIS Summer School: Big Data Analytics and Stream Processing.

Doya K (2019) Possible roles of dopamine in model-free and model-based decision and learning. CNS*2019, Dopaminergic Signaling Workshop.

Doya K (2019) Neural Circuits for Mental Simulation. CNS*2019, 28th Annual Computational Neuroscience Meeting.

Doya K (2019) Ethologically Grounded Motivation and Neural Implementation of Mental Simulation. The 4th International Workshop on Intrinsically Motivated Open-ended Learning (**IMOL2019**).

Doya K (2018) Patience and beyond. **COSYNE 2019** Workshop -Advances and Convergences in 5-HT Research.

Doya K (2018) Neural circuit for mental simulation. Computational and Systems Neuroscience 2019 (**COSYNE2019**).

Doya K (2018) Neural circuits for reinforcement learning and mental simulation. 5th Coreto Core International Symposium "3D LabExchange Program".

Kozuno T, Doya K (2018) Theoretical analysis of Non-exact retrace algorithm. The 28th Annual Conference of the Japanese Neural Network Society (**JNNS2018**).

Yamane Y, Ito J, Joana C, Fujita I, Tamura H, Maldonado P, Doya K, Grun S (2018) Representation of fixated objects by multiple single unit activity in visual cortices of freely viewing macaque monkeys. 11th FENS Forum of Neuroscience.

Doya K (2018) Introductory talk: Building autonomous robots to understand what brains do. Satellite workshop of The 8th International Symposium on Biology of Decision Making (**SBDM2018**).

Doya K (2017) Neural circuits for reinforcement learning and mental simulation. Canonical Computation in Brains and Machines Symposium.

Doya K (2017) Neural circuits for reinforcement learning and mental simulation. Seminar.

*Yoshizawa T, Ito M, Doya K (2017) Cell-type specific calcium imaging of striatal neurons in the striosome compartments during an odor-conditioning task. Gordon Research Conference.

Doya K (2017) How does the brain wire up itself on the fly? Seminar.

Doya K (2017) Neural Circuit for Mental Simulation. The Neuroscience and Social Decision Making Talk Series.

Doya K (2017) Imaging the neural circuit for mental simulation. COSYNE 2018 Workshop Session: Concepts, attention, and consciousness in (reinforcement) learning.

Doya K (2017) Neural circuits for reinforcement learning and mental simulation. Brain and AI Symposium Korea.

Doya K (2017) What should we further learn from the brain? Joint Workshop of Korean AI flagship Project and Japanese AI and Brain Science Project.

Doya K (2017) Neural circuits for reinforcement learning and mental simulation. SCiNDU: Systems & Computational Neuroscience Down Under.

*Reinke C, Doya K (2017) Adaptation of Optimization Algorithms to Problem Domains by Transfer Learning. 2017 International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (**ICIIBMS**).

Doya K (2017) What can we further learn from the brain? 24th International Conference on Neural Information Processing **ICONIP2017**.

*Yoshizawa T, Ito M, Doya K (2017) Neural representation of sensory-state value in the striatal striosome compartment. Society for Neuroscience 47th Annual Meeting.

*Parmas P, Peters J, Doya K (2017) The optimal-baseline estimator is not the optimal baseline-estimator. Information-based induction sciences workshop (**IBIS**) .

Doya K (2017) Artificial Intelligence and Brain Science. Seminar.

*Yoshizawa T, Ito M, Doya K (2017) Coding of value information in the striatal striosome compartment. 44th Naito Conference.

Doya K (2017) Reinforcement learning: basic concepts and recent advances. Workshop on "Human & Machine Learning" .

Doya K (2017) Neural mechanisms of reinforcement learning and mental simulation. Workshop on "Human & Machine Learning".

Doya K (2017) Decoding the contents of mental simulation. Neuroscience 2017 Satellite Symposium: Computational Principles of the Nervous System.

Doya K (2017) Neural coding, brain imaging and information extraction by circuit modeling. Neuroscience 2017 Sattelite Symposium / CREST Symposium.

Doya K (2017) Exploring the deep brain network for reinforcement learning. Neuroscience 2017; 40th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society; Luncheon Seminar: From mouse to monkey: illuminating neural circuits in action.

Doya K (2017) Imaging the neural circuit for mental simulation. **COSYNE 2018** Workshop Session: Concepts, attention, and consciousness in (reinforcement) learning.

Doya K (2017) What should we further learn from the brain?. Brain-AI Workshop.

Doya K (2017) What should we further learn from the brain?. Korean AI Flagship Project Workshop.

*Reinke C, Uchibe E, Doya K (2017) Fast Adaptation of Behavior to Changing Goals with a Gamma Ensemble. 3rd Multidisciplinary conference on reinforcement learning and decision making.

Doya K (2017) Coding of action and state values in the striatal compartments. 12th International Basal Ganglia Society Meeting – IBAGS 2017.

Doya K (2017) Neural circuits for reinforcement learning and mental simulation. Canonical Computation in Brains and Machines Symposium.

Doya K (2017) Neural Circuit for Mental Simulation. The Neuroscience and Social Decision Making Talk Series.

Doya K (2017) How does the brain wire up itself on the fly? Institute for Advanced Study.

Doya K (2017) Artificial Intelligence and Brain Science. Kyungpook National University, Daegu, Korea.

銅谷賢治 (2022) 人工知能・脳科学・法. 第 22 回神経法学研究会.

銅谷賢治 (2022) 人工知能と脳の作動原理. 第52回日本臨床神経生理学会.

*Miyazaki K, Miyazaki KW, Doya K (2022) セロトニンによる報酬待機行動の制御機構. 日本科学振興協会 第 1 回総会・キックオフミーティング.

銅谷賢治 (2021) 動物の行動と神経活動を予測する. 日本動物実験代替法学会第 34 回大会.

銅谷賢治 (2021) 理論ベース/データ駆動の脳科学. 中部大学 AI 数理データサイエンスセンター キックオフシンポジウム.

- *Yamane Y, Doya K (2021) 不確かさ判断の神経機構. 日本視覚学会 2021 年夏季大会.
- *Yamane Y, Ebina T, Sasagawa A, Terada S, Uemura M, Ohki K, Matsuzaki M, Doya K (2021) マーモセットカルシウムイメージングデータの因果解析. 日本神経回路学会 .
- 銅谷賢治 (2020) 人工知能と脳科学の融合と社会. 第 8 回神経法学研究会.
- Chiu HC, Doya K (2019) Representation and grounding of abstract concepts: a preliminary investigation. Mechanism of Mind and Brain. The 20th winter workshop Mechanism of Brain and Mind.
- 宮崎勝彦 (2019) セロトニンによる報酬待機行動の制御機構. 第 254 回つくばブレインサイエンス・セミナー.
- Doya K (2019) What Can We Learn from the Brain for Next AI?. The 3rd Ryudai-OIST Symposium: Basic Medical Science to Clinical Medicine.
- 銅谷賢治 (2019) マウスの脳内シミュレーションとロボットの報酬進化. 第 12 回日本人間行動進化学会.
- Doya K (2019) Consciousness as Data Assimilation. Consciousness Club. ARAYA.
- Doya K (2019) Artificial Intelligence and Brain Science. The Joint Symposium of WPI-IHIS, Ph.D. Program in Humanics, and 36th Takamine Conference.
- 銅谷賢治 (2019) ベイジアンブレインの今日. 日本認知科学会第 36 回大会.
- 銅谷賢治 (2019) 人工知能と脳科学. 第 58 回日本生体医工学会大会.
- Doya K (2019) Learning to Communicate for Ecological Fitness. Shonan Meeting No. 141. Language as Goal-Directed Sequential Behavior: Computational Theories, Brain Mechanisms, Evolutionary Roots.
- Yamane Y, Ito J, Joana C, Fujita I, Tamura H, Maldonado P, Doya K, Grun S (2018) Neuronal activity of macaque visual cortices during free viewing. The 19th winter workshop Mechanism of Brain and Mind.
- 銅谷賢治 (2018) 想像力と知能の脳回路を可視化する. 第 58 回日本核医学会学術総会-合同特別講演(県民公開講座).
- 銅谷賢治 (2018) ロボットと人工知能から行動障害と脳機能へのアプローチ. 第 22 回日本摂食障害学会学術集会.
- Paramas P (2018) Total stochastic gradient algorithms with application to model-based reinforcement learning. The 21st Information -based induction science workshop (IBIS2018).
- Yamane Y, Ito J, Joana C, Fujita I, Tamura H, Maldonado P, Doya K, Grun S (2018) Inferring fixated objects in free viewing from parallel neuronal spiking activities in macaque monkeys. The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Doya K (2018) Neural circuits for reinforcement learning and mental simulation. OIST-KAIST Symposium: Intelligence in Biological Systems and Its Application to Machines.
- 銅谷賢治 (2018) 脳の回路モジュールはなぜうまく繋がれるのか. 第 3 回 全脳アーキテクチャシンポジウム「脳に学んで良き汎用知能に至る道筋」.
- *宮崎勝彦 (2017) 報酬待機行動を制御するセロトニンの役割—optogenetics による検証—. セロトニン研究会.
- *Zobnin S, Li Y, Doya K (2017) Experimental investigation of hierarchical Bayesian inference in sensory and motor cortices. 脳と心のメカニズム第 18 回冬のワークショップ.
- *小津野将, 内部英治, 銅谷賢治 (2017) ギャップ増強を利用した頑健かつ効率的な off-policy policy evaluation. 第 20 回情報論的学習理論ワークショップ.
- 銅谷賢治 (2017) 脳内シミュレーションの神経機構. 第 32 回日本整形外科学会基礎学術集会.
- 銅谷賢治 (2017) 「脳内シミュレーション」の神経回路を可視化する. 新適塾「脳はおもしろい」第 18 回会合.
- 銅谷賢治 (2017) ベイズ推定による脳機能モデルと脳データ解析. 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」若手サマースクール.
- Doya K (2017) Neural coding, brain imaging and information extraction by circuit modeling. Neuroscience 2017 Sattelite Symposium / CREST Symposium.
- 銅谷賢治 (2017) 大脳基底核の機能モデル・病態モデルと実験的検証. 第 32 回 日本大脳基底核研究会 (JBAGS2017).
- <受賞等>
- 杉浦伊織, 伊禮司, 銅谷賢治, 倉田耕治, 宮田龍太 (2022). 2022 年度日本神経回路学会最優秀研究賞.
- 梶原侑馬 (2022). 2022 年度笹川科学研究助成.
- Li Y (2020). 2020 AP-CCN Poster Award, the Asia-Pacific Computational and Cognitive Neuroscience (AP-CNN) Conference.
- Doya K (2019) . Outstanding Achievement Award, the Asia-Pacific Neural Network Society.
- 銅谷賢治 (2019). 日本神経回路学会 学術賞.
- Parmas P (2019). Best Reviewer Award, **NeurIPS** Conference 2019.
- Doya K (2018). The Donald O. Hebb award, International Neural Network Society.
- Reinke C (2017) Average Reward Optimization with Multiple Discounting. the 24th International Conference on Neural Information Processing. 2017, Best Student Paper Award.

<博士論文>

- Rahman F (2020) Identifying the evolutionary conditions for the emergence of alternative reproductive tactics in simulated robot colonies. PhD Thesis, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University.
- Parmas P (2019) Total stochastic gradient algorithms and applications to model-based reinforcement learning. PhD Thesis, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University.
- Kozuno T (2019) Efficient and Noise-Tolerant Reinforcement Learning Algorithms via Theoretical Analysis of Gap-Increasing and Softmax Operators. PhD Thesis, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University.

<知的財産権>

- Uchibe E, Doya K (2020) Inverse reinforcement learning by density ratio estimation-US Patent 10,896,382.
- Paavo Parmas (2018). Total Stochastic Gradient Method. US Patent Application 62/749,908

<アウトリーチ等>

- 銅谷賢治 (2023) 学習する脳のしくみ. 読谷村立読谷中学校.
- 銅谷賢治 (2023) 学習する脳のしくみ. 読谷村立古堅中学校.
- 銅谷賢治 (2022) 人工知能は脳から何を学べば良いのか. 応用脳科学コンソーシアム .
- 銅谷賢治 (2021) 進化ロボットは行動の目標を見つけられるか: 強化学習のその先へ. OIST-経済同友会共催セミナー.
- 銅谷賢治 (2020) 人工知能は脳から何を学べば良いのか. 応用脳科学アカデミーアドバンスコース「脳とAI」第1回.
- 銅谷賢治 (2020) 脳とAIの接点から何を学ぶのか. 第5回全脳アーキテクチャシンポジウム.
- 銅谷賢治 (2019) ロボット作りから脳科学へ: 探究の楽しみ方. 沖縄県立向陽高校 探求プレゼンテーション 基調講演.
- 銅谷賢治 (2018) 人工知能は脳から何を学べるか. 第26回脳の世紀シンポジウム「AIと脳」.
- 銅谷賢治 (2017) 「脳内シミュレーション」の神経回路を可視化する. 新適塾「脳はおもしろい」第18回会合.

A01-3 田中啓治: コンフリクトコストに対する調和・不調和情報シーケンス効果の神経基盤の研究

<雑誌論文>

- *Fehring DJ, Pascoe AJ, Haque ZZ, Samandra R, Yokoo S, Abe H, Rosa MGP, Tanaka K, Yamamori T, Mansouri FA. (2022) Dimension of visual information interacts with working memory in monkeys and humans. **Scientific Report**, 12, 1, 5335. (reviewed)
- *Abe H, Tanaka K, Matsumoto K (2022) Different types of uncertainty distinguished by monkey prefrontal neurons. **Cerebral Cortex Communications**, 3, 1-17. (reviewed)
- *Mansouri FA, Buckley MJ, Tanaka K. (2022) The neural substrate and underlying mechanisms of executive control fluctuations in primates. **Progress in Neurobiology**, 209, 102216. (reviewed)
- *Li N+, Wang Y+, Jing F, Zha R, Wei Z, Yang LZ, Geng X, Tanaka K, *Zhang X (2021) A role of the lateral prefrontal cortex in the congruency sequence effect revealed by transcranial direct current stimulation. **Psychophysiology**, 58, 5, e13784. (reviewed)
- *Lehky SR, Tanaka K, Sereno AB (2021) Pseudosparsely neural coding in the visual system of primates. **Communications Biology**, 4, 1, 50. (reviewed)
- *Lehky SR, Phan AH, Cichocki A, Tanaka K (2020) Face representations via tensorfaces of various complexities. **Neural Computation**, 32, 2, 281-329. (reviewed)
- *Mansouri FA, Buckley MJ, Fehring DJ, Tanaka K (2019) The role of primate prefrontal cortex in bias and shift between visual dimensions. **Cerebral Cortex**, 30, 1, 85-99. (reviewed)
- *Cheng K (2018) Exploration of human visual cortex using high spatial resolution functional magnetic resonance imaging. **Neuroimage**, 164, 4-9. (reviewed)
- *Cheng K (2016) What we have learned about human primary visual cortex from high resolution functional magnetic resonance imaging. **Magnetic Resonance in Medical Sciences**, 15, 1, 1-10. (reviewed)
- Wan X, Cheng K, *Tanaka K (2016) The neural system of postdecision evaluation in rostral frontal cortex during problem-solving tasks. **eNeuro**, 3, 4, 0188-16. (reviewed)
- *Lehky SR, Tanaka K (2016) Neural representation for object recognition in inferotemporal cortex. **Current Opinion in Neurobiology**, 37, 23-35. (reviewed)
- *田中啓治 (2020) 将棋棋士の直観. **Clinical Neuroscience**, 38, 165-168. (invited)
- *田中啓治 (2019) 行動認知制御の神経科学: 前頭前野内の機能分化. **Brain and Nerve**, 71, 12, 1375-1371. (invited)

<書籍等>

Tanaka K, Buckley MJ, Mansouri FA (2017) Functional division among prefrontal cortical areas in an analog of Wisconsin Card Sorting Test. In Watanabe M (ed.) Prefrontal Cortex as an Executive, Emotional, and Social Brain, pp. 17-38. Springer.

<学会発表等>

- *Waggoner RA, Feiweier T, Tanaka K (2020) The use of stimulated-echo EPI to obtain high b-value DTI data at short TEs on a clinical scanner. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 28th Annual Meeting and Exhibition.
- *Gupta S, Tanaka K, Waggoner RA (2020) Validation of RF induced temperature increase in phantom and in living human tissue: a comparison study. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 28th Annual Meeting and Exhibition.
- *Li N, Cheng K, Waggoner RA, Tanaka K (2019) Lateral orbitofrontal cortex is associated with human cognitive dynamics in the congruency sequence effect. IBRO World Congress 2019.
- *Tanskanen T, Waggoner RA, Ueno K, Cheng K, Tanaka K (2019) Columnar scale representation of faces in the human inferotemporal cortex. IBRO World Congress 2019.
- *Gupta S, Tanaka K, Waggoner RA (2019) Validation of RF-induced temperature increase in living human tissue. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) Workshop on MR Safety in Utrecht.
- *Waggoner RA (2019) fMRI Studies of Cortical Columns in Humans. BRAIN 2019 Satellite Workshop on Advances in Multi-Scale Imaging of Cerebral Blood Flow and Metabolism in relation to Brain Activity.
- *Suzuki C, Waggoner RA, Haruhana K, Tanaka K, Ueno K (2019) Improving k-space physiological noise correction with motion correction in fMRI studies. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 27th Annual Meeting and Exhibition.
- * Tanaka K (2018) Neural substrates of intuition in shogi and soccer experts. Australasian Neuroscience Society 2018 Annual Scientific Meeting.
- * Tanaka K (2018) Energization of cognitive modes by the medial prefrontal cortex (area 9m) in Wisconsin Card Sorting Test (WCST). Annual Science meeting of the ARC Center of Excellence for Integrative Brain Function.
- *Waggoner RA, Ueno K, Kuribayashi H, Tanaka K (2018) In-Plane Signal Leakage (L- factor) Maps from TGRAPPA. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 26th Annual Meeting and Exhibition.
- *Waggoner RA (2018) MR Physics Demands of High-Resolution fMRI. The 6th International Congress on Magnetic Resonance Imaging.
- *Lehky SR, Phan A, Cichocki A, Tanaka K (2017) Coding of faces by tensor components. The 47th Annual Meeting of Society for Neuroscience.
- * Tanaka K (2017) Object recognition in inferotemporal cortex: from visual features to semantics. Asian-Pacific Conference on Vision (APCV).
- * Tanaka K (2017) Object recognition in inferotemporal cortex: from visual features to semantics. 2017 Qufu Vision Science Conference.
- *Waggoner RA, Ueno K, Pfeuffer J, Tanaka K, Cheng K (2017) High-resolution fMRI of the visual system at 3T using zoomed excitation via Tx-SENSE. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 25th Annual Meeting and Exhibition.
- *Gupta S, Waggoner RA, Tanaka K, Cheng K (2017) Variation of RF-induced temperature increase in a phantom: comparison of numerical simulations, MR thermometry and measurements from temperature sensors. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 25th Annual Meeting and Exhibition.
- * Tanaka K (2017) Changes in deoxygenation level of bloods and cortical tissues following neuronal activity changes as the bases for intrinsic optical recordings and fMRI. International Symposium "Future of Brain Science".
- * Tanaka K (2016) Brain Mechanisms of intuitive problem solving in experts. The 19th Annual Meeting of the Korean Society for Brain and Neural Science.
- *Waggoner RA, Tanskanen T, Tanaka K, Cheng K (2016) Enhancement of event-related fMRI studies of the human visual system using multi-band EPI. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 24th Annual Meeting and Exhibition. *Gupta S, Tanaka K, Waggoner RA (2020) Comparison of MR-Thermometry and thermal simulations in living human tissue. 第48回日本磁気共鳴医学会大会.
- *Gupta S, Cheng K, Tanaka K, Waggoner RA (2018) Phantom for MR-Thermometry. 第46回日本磁気共鳴医学会大会.
- *Waggoner RA, Ueno K, Tanaka K (2018) Direct Measurement of In-Plane Signal Leakage Using TGRAPPA. 第46回日本磁気共鳴医学会大会.
- *Tanskanen T, Kao CH, Waggoner RA, Ueno K, Tanaka K, Cheng K (2018) Category selectivity in the human face-selective cortex assessed with columnar resolution fMRI. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) Japanese Chapter 2nd Scientific Meeting.

- *Suzuki C, Waggoner RA, Haruhana K, Tanaka K, Ueno K (2018) Evaluation of motion effects on physiological noise correction in fMRI studies. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) Japanese Chapter 2nd Scientific Meeting.
- *Haruhana K, Suzuki C, Tanaka K, Ueno K (2018) Evaluation of combining method for RF array coil data in fMRI study. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) Japanese Chapter 2nd Scientific Meeting.
- *Gupta S, Tanaka K, Waggoner RA (2018) Simulations of various numerical leg models to ensure safety during parallel transmission MRI. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) Japanese Chapter 2nd Scientific Meeting.
- *Haruhana K, Suzuki C, Waggoner RA, Tanaka K, Ueno K (2017) Optimization of Data Acquisition and Processing for the Macaque Brain 3D MPRAGE using a human Whole-Body 3T MRI System. 第45回日本磁気共鳴医学会大会 .
- *Ueno K, Suzuki C, Haruhana K, Tanaka K (2017) Optimization of head motion parameter regression procedure in the data preprocessing for fMRI studies. 第45回日本磁気共鳴医学会大会 .
- *Gupta S, Cheng K, Tanaka K, Waggoner RA (2017) RF-induced temperature increase in a phantom: comparison of numerical simulations, MR Thermometry and temperature sensor measurements. 第45回日本磁気共鳴医学会大会 .
- *春花健児, 鈴木千里, 田中啓治, 上野賢一 (2017) ヒト全身用3テスラ MRI 装置によるマカクザル脳の撮像と画像処理の最適化. 第45回日本磁気共鳴医学会大会.
- *春花健児, 鈴木千里, 田中啓治, 上野賢一 (2017) ヒト fMRI 撮像における被験者状態監視システムの構築 . 第1回ヒト脳イメージング研究会 .
- *上野賢一, 松田圭司, 春花健児, 鈴木千里, 田中啓治 (2017) ヒト fMRI 研究のための被験者眼球運動計測システムの構築 . 第1回ヒト脳イメージング研究会 .
- *Lam AM, Tanskanen T, Kao CHT, Kuno Y, Tanaka K, Cheng K (2017) Reconstructing perceived faces from human brain activity. 日本神経科学学会第40回大会.
- *田中啓治 (2017) 高空間分解能での fMRI 研究. 第40回日本神経科学大会.
- *Waggoner RA (2017) An overview of high-resolution fMRI studies at RIKEN-BSI from V1 to the temporal lobe. 第40回日本神経科学大会.
- *Tanskanen T, Kao CHT, Waggoner RA, Ueno K, Tanaka K, Cheng K (2017) Category tuning in the human face selective areas assessed with high-resolution fMRI. 第40回日本神経科学大会.
- *Waggoner RA, Tanskanen T, Tanaka K, Cheng K (2017) Impact of multi-band EPI on serial autocorrelations. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) Japanese Chapter 1st Scientific Meeting .
- *Gupta S, Waggoner RA, Tanaka K, Cheng K (2017) Size and Position of load affects the mutual coupling between the elements of array coil. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) Japanese Chapter 1st Scientific Meeting.
- *Gupta S, Waggoner RA, Tanaka K, Cheng K (2017) Comparison of temperature increase in a phantom, calculated by the numerical simulations, measured by the MR thermometry and by the temperature sensors. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) Japanese Chapter 1st Scientific Meeting.
- *Waggoner RA, Tanskanen T, Tanaka K, Cheng K (2016) Serial autocorrelations and multiband fMRI. 第44回日本磁気共鳴医学会大会 .
- *Gupta S, Waggoner RA, Tanaka K, Cheng K (2016) Effect of load size and load position on coupling between the elements of an array coil. 第44回日本磁気共鳴医学会大会 .
- *Tanskanen T, Kao CH, Waggoner RA, Ueno K, Tanaka K, Cheng K (2016) Columnar scale representation of faces in the human inferotemporal cortex. 第39回日本神経科学大会 .
- *Kao CH, Tanskanen T, Ueno K, Waggoner RA, Tanaka K, Cheng K (2016) Columnar organization of face orientation procession I human occipital face area. 第39回日本神経科学大会 .
- *田中啓治 (2016) エキスパートの直観を司る神経ネットワーク. 第39回日本神経科学大会.
- *Gerard-Mercier F, Tanaka K (2016) Synchronous beta oscillations in the fronto-striatal loop for behavioral rule switching in macaque monkeys. 第39回日本神経科学大会.

<受賞等>

- *Mansouri FA, Tanaka K (2016) The role of frontal pole cortex in primate goal-directed behaviour. 第39回日本神経科学大会. Gupta S (Tanaka K Lab) (2020) Validation of RF induced temperature increase in phantom and in living human tissue: a comparison study. ISMRM Travel Award.
- Gupta S (Tanaka K Lab) (2017) Comparison of Temperature Increase in Phantom, Calculated by Numerical Simulations, Measured by the MR Thermometry and by Temperature Sensors. Outstanding Poster.

<アウトリーチ等>

田中啓治 (2016) 将棋棋士やサッカー選手の直観思考の仕組み. 第 6 回 CiNet シンポジウム . 一般向け講演会

田中啓治 (2016) エキスパートの直感を司る神経回路. 第 103 回サイエンステクノフロンティアフォーラム. 一般向け講演会

<A01 知覚と予測 公募研究 後期>

大村 優: セロトニン神経系の光操作・観察によるモデルベース的意思決定の脳内機構解明

<雑誌論文>

*Ohmura Y, Iwami K, Chowdhury S, Sasamori H, Sugiura C, Bouchekioua Y, Nishitani N, Yamanaka A, Yoshioka M (2021) Disruption of model-based decision making by silencing of serotonin neurons in the dorsal raphe nucleus. **Current Biology**, 31, 1-9.

<学会発表等>

*大村優, 岩見謙太郎, 笹森瞳, 杉浦千瑛, Youcef Bouchekioua, 西谷直也, 吉岡充弘(2020) 背側縫線核セロトニン神経活動の抑制はモデルベース的意思決定を抑制する. 第 43 回日本神経科学大会, 神戸. (poster)

池上 高志: 自己シミュレーションとホメオスタシスを基底とする脳のモデル研究

<雑誌論文>

*Masumori A, Maruyama N, Ikegami T (2021) Personogenesis through imitating human behavior in a humanoid robot “Alter3”. **Frontiers in Robotics and AI**, 7, 1-13. (reviewed)

*Masumori A, Sinapayen L, Maruyama N, Mita T, Bakkum D, Frey U, Takahashi H, Ikegami T (2020) Neural Autopoiesis: Organizing Self-Boundaries by Stimulus Avoidance in Biological and Artificial Neural Networks. **Artificial life**, 26, 130-151. (reviewed)

*Sinapayen L, Masumori A, Ikegami T (2020) Reactive, Proactive, and Inductive Agents: An Evolutionary Path for Biological and Artificial Spiking Networks. **Frontiers in Computational Neuroscience**, 13. (reviewed)

*Rossler OE, Vial LR, Kuske F, Nitschke A, Ikegami T, Ujica A (2019) Brain Equation and Personogenesis. **Clinics in Pediatrics**, 2, 1-11. (reviewed)

<学会発表等>

*Kajihara Y, Ikegami T, Doya K (2019) Model-based empowerment computation for dynamical agents. 2019 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), 1, 255-261. (reviewed)

*Masumori A, Sinapayen L, Ikegami T (2019) Predictive Coding as Stimulus Avoidance in Spiking Neural Networks. 2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), 1, 271-277. (reviewed)

Ikegami T (2021) Offloaded Mind: the experiments of dyadic humanoid/human interaction. 2021 International Workshop on Embodied Intelligence. (keynote)

*Kajihara Y, Ikegami T, Doya K (2019) Model-based empowerment computation for dynamical agents. 2019 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI). (poster)

Ikegami T (2019) machine learning and consciousness. mini symposium at the Barbican center London. (invited)

Ikegami T (2019) Offloaded Agency. SIGEF. (invited)

Ikegami T (2019) AI から ALIFE へ : 生命原理のロボットを考える. AI/SUM. (invited)

*Masumori A, Sinapayen L, Ikegami T (2019) Predictive Coding as Stimulus Avoidance in Spiking Neural Networks. 2019 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI). (oral)

*池上高志 (2019) Offloaded Agency. 日本認知科学会 2019. (invited)

庄野逸: 視覚心理に基づくテクスチャ特徴表現と深層特徴表現のマッピング

<雑誌論文>

*Suzuki S, Takeda S, Takagi M, Tanida R, Kimata H, Shouno H (2021) Deep Feature Compression Using Spatio-Temporal Arrangement Toward Collaborative Intelligent World. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, 32, 6, 3934-3946. (reviewed)

*Suzuki S, Takeda S, Makishima N, Ando A, Shouno H (2022) Knowledge Transferred Fine-Tuning: Convolutional Neural Network Is Born Again With Anti-Aliasing Even in Data-Limited Situations. **IEEE Access**, 10, 68384-68396. (reviewed)

Murakami R, Mizumaki M, Hamano Y, Akai I, *Shouno H (2021) Texture Analysis of Magnetic Domain Images Using Statistics Based on Human Visual Perception. **Journal of the Physical Society of Japan**, 90, 4, 44705. (reviewed)

Murakami R, Tanaka H, Shinotsuka H, Nagata K, Shouno H, *Yoshikawa H (2020) Development of multiple core-level XPS spectra decomposition method based on the Bayesian information criterion. **Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena**, 245, 147003. (reviewed)

- Shinotsuka H+, Nagata K, *Yoshikawa H, Mototake Y, Shouno H, Okada M (2020) Development of spectral decomposition based on Bayesian information criterion with estimation of confidence interval. **Science and Technology of Advanced Materials**, 21, 1, 402-419. (reviewed)
- 庄野逸 (2022) ディープラーニングにおけるビルディングブロックの発展と展望. 電子情報通信学会誌, 10, 5, 136-142. (invited)
- 遠藤瑛泰, 永田賢二, 木戸尚治, *庄野逸 (2019) Bolasso を用いたびまん性肺疾患画像の特徴選択. 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, 12, 3, 68-77. (reviewed)
- 奥村直裕, *庄野逸 (2019) TV 正則化と辞書学習を用いた OS-EM 法における PET 画像再構成. , 37, 5, 217-229. (reviewed)
- *庄野逸 (2019) AI の歴史とこれから. 臨床画像, 35, 10, 1112-1119. (invited &)
- 川島貴大, *庄野逸 (2019) ベイズの変数選択に基づく分光スペクトル分解. 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, 12, 2, 34-43. (reviewed)
- <学会発表等>
- Kawashima T, Shouno H, *Hino H (2021) Bayesian Dynamic Mode Decomposition with Variational Matrix Factorization. 35th AAAI Conference on Artificial Intelligence (**AAAI21**). (reviewed, poster)
- Hamano Y, *Shouno H (2020) Analysis of Texture Representation in Convolution Neural Network Using Wavelet Based Joint Statistics. The 27th International Conference on Neural Information Processing (**ICONIP2020**), 12532, 1, 126-136. (reviewed, oral)
- Ichigozaki S, Kawashima T, *Shouno H (2020) Bayesian Sparse Covariance Structure Analysis for Correlated Count Data. The 26th Int'l Conf on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (**PDPTA20**), (reviewed, oral)
- Kobayashi G, *Shouno H (2020) Interpretation of ResNet by Visualization of Preferred Stimulus in Receptive Fields. The 26th Int'l Conf on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (**PDPTA20**), (reviewed, oral)
- Terada H+, *Shouno H (2019) B-DCGAN: Evaluation of Binarized DCGAN for FPGA. The 26th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2019), 11953, 2, 55-64. (reviewed, oral)
- Kawashima T, *Shouno H (2019) Fast Bayesian Restoration of Poisson Corrupted Images with INLA. The 25th Int'l Conf on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (**PDPTA19**), 109-114. (reviewed, oral)
- 小林源太, *庄野逸 (2021) 受容野の最適刺激を用いた畳込みニューラルネットワークの可視化手法. 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会, NC2020-47, 25-30. (oral)
- 浜野佑介, *庄野逸 (2021) Portilla-Simoncelli Statistics を用いた DCNN のテクスチャ特徴解析. 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会, NC2020-48, 31-36. (oral)
- 峰尾太陽, *庄野逸 (2021) 自然勾配法による Sign アルゴリズムの収束性能改善. 電子情報通信学会信号処理研究会, SIP2020-34, 19-24. (oral)
- 樋口陽光, 鈴木聡志, *庄野逸 (2020) 視覚野構造に基づいたシフト不変な深層学習モデルの確立. 第 30 回神経回路学会全国大会(**JNNS2020**), p1-12. (poster)
- 永田賢二, 角谷正友, 篠塚寛志, 田沼繁夫, 登坂弘明, 原田善之, 松波成行, *吉川英樹, 庄野逸, 村上諒 (2020) BIC 自動ピークフィッティング技術を用いた XPS データセットのハイスループット解析手法. 2020 年度 実用表面分析講演会, p11. (oral)
- 篠塚寛志, 永田賢二, *吉川英樹, 本武陽一, 庄野逸, 岡田真人 (2020) 情報量規準を用いた信頼区間推定付きの XPS スペクトルの自動解析. 2020 年日本表面真空学会学術講演会, 2Da03. (oral)
- 村上諒, 庄野逸, 永田賢二, 篠塚寛志, *吉川英樹 (2020) 参照スペクトルを使った多元素 XPS スペクトルの解析手法の開発. 2020 年日本表面真空学会学術講演会, 2Da04S. (oral)
- 村上諒, 庄野逸, 篠塚寛志, 永田賢二, *吉川英樹 (2020) 多量のスペクトルデータを利用した参照スペクトルの推定手法の開発. 第 81 回日本応用物理学会秋季学術講演会, 9p-Z09-9. (oral)
- 篠塚寛志, 永田賢二, *吉川英樹, 本武陽一, 庄野逸, 岡田真人 (2020) 多量のスペクトルデータを利用した参照スペクトルの推定手法の開発. 第 81 回日本応用物理学会秋季学術講演会, 9p-Z09-4. (oral)
- 上坂佳史, *庄野逸 (2020) スパースコーディングを用いた惑星表面画像のための圧縮手法の提案. 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会, NC2019-65, 33-38. (oral)
- 一期崎翔, 川島貴大, *庄野逸 (2020) スパース推定を用いた潜在的な犯罪の高リスクエリアの推定と犯罪発生メカニズムの考察. 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会, NC2019-71, 69-73. (oral)
- 小林源太, *庄野逸 (2019) 識別と再構成を行う マルチタスク ベクトル量子化 VAE. 第 22 回情報論的学習理論ワークショップ(**IBIS2019**), 2-004. (poster)

- 一期崎翔, 川島貴大, *庄野逸 (2019) グラフィカルモデルを用いた犯罪発生リスクエリアのスパース性を考慮した相関関係の可視化. 第 22 回情報論的学習理論ワークショップ(**IBIS2019**), 2-018. (poster)
- 浜野佑介, *庄野逸 (2019) Portilla-Simoncelli statistics を用いた DCNN のテクスチャ表現解析. 第 22 回情報論的学習理論ワークショップ(**IBIS2019**), 2-028. (poster)
- 遠藤瑛泰, 永田賢二, 木戸尚治, *庄野逸 (2019) Bolasso 特徴選択手法を用いたびまん性肺疾患陰影の分析. 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会, NC2019-24, 23-27. (oral)
- 遠藤瑛泰, 永田賢二, 木戸尚治, *庄野逸 (2019) Analysis of Diffuse Lung Disease X-ray CT Images based on Feature Selection using Bolasso. 第 29 回神経回路学会全国大会(**JNNS2019**), p2-50. (poster)
- 遠藤瑛泰, 永田賢二, 木戸尚治, *庄野逸 (2019) Bolasso を用いたびまん性肺疾患画像の特徴選択. 情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会, 2019-MPS-123, 1-6. (oral)

<書籍>

- *庄野逸 (2019) 6.10 節 エッジコンピューティングと人工知能. AI 辞典 第 3 版, 中島秀之ほか, 近代科学社. (42-43)
- *庄野逸 (2019) 13.5 節 深層学習と視覚. AI 辞典 第 3 版, 中島秀之ほか, 近代科学社. (170-172)
- Suzuki A, Sakanashi H, Kido S, *Shouno H (2019) Deep learning in textural medical image analysis. Deep Learning in Healthcare, Y. W. Chen, L. C. Jain, Springer. (111-126)
- *庄野逸 (2019) 3.6 節 AI 活用による画像診断システムの開発. 人と共生する AI 革命—活用事例からみる生活, 産業, 社会の未来展望, 栗原 聡 (監修), エヌ・ティー・エス.
- *庄野逸 (2019) Chapter 1 人工知能 (AI) 総論. 医用画像ディープラーニング入門, 藤田 広志 (監修), オーム社.

<受賞>

- 庄野逸, 寺本陶冶 (2020) VGG モデルの視覚野的解釈における解析の検討. 神経回路学会 最優秀研究賞.
- 上坂佳史 (庄野 Lab) (2020) スパースコーディングを用いた惑星表面画像のための圧縮方法の提案 . IEEE Young Researcher Award.
- 遠藤瑛泰 (庄野 Lab) (2020) 特徴選択手法を用いたびまん性肺疾患陰影の分析 . IEEE Young Researcher Award.

濱口 航介: 意思決定過程と内部モデルの相互作用

<雑誌論文>

- Nishioka T, Attachaipanich S, Hamaguchi K, Lazarus M, Kerchoue d'Exaerde A, *Macpherson T, *Hikida T (2023) Error-related signaling in nucleus accumbens D2 receptor-expressing neurons guides inhibition-based choice behavior in mice. **Nature Communications**, 14, 2284. (reviewed)
- Hamaguchi K, Aoki-Takahashi H, *Watanabe D (2022) Prospective and retrospective values integrated in frontal cortex drive predictive choice. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 119, e2206067119. (reviewed)
- Nishioka T, Hamaguchi K, Yawata S, Hikida T, *Watanabe D (2020) Chemogenetic Suppression of the Subthalamic Nucleus Induces Attentional Deficits and Impulsive Action in a Five-Choice Serial Reaction Time Task in Mice. **Frontiers in System Neuroscience**, 14, 38. (reviewed)
- *濱口航介 (2021) 細胞内膜電位から見た小鳥の歌を紡ぐネットワーク. 日本神経回路学会誌, 28, 3. (invited)

<学会発表等>

- *Hamaguchi K (2023) Prospective value representation in mouse frontal cortex supports predictive choice behavior. Annual Meeting of The Physiological Society of Japan.
- *Hamaguchi K (2022) From retrospective to prospective: integrated value representation in frontal cortex for predictive choice behavior. International Symposium on Development and Plasticity of Neural Systems.
- Hamaguchi K, Aoki-Takahashi H, *Watanabe D (2021) Prospective action selection and inferred value in mouse frontal cortex. The 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Hamaguchi K, *Watanabe D (2019) Neural representation of internal model guided decision making in mouse frontal cortex. The 42nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- *濱口航介 (2020) 予測に基づく意思決定を可能にするマウス前頭皮質の神経活動. 生理研研究会 2020 意思決定研究の新展開 社会共感・主観価値の生成・葛藤に関わる神経メカニズム. (invited)

宮脇 寛行: 超大規模電気生理学を用いた睡眠中のオフライン学習アルゴリズムの解析

<雑誌論文>

Miyawaki H, Mizuseki K (2021) De-novo inter-regional coactivations of pre-configured local ensembles support memory. **Nature communications**,13,1272. (reviewed)

<学会発表等>

*Miyawaki H, Mizuseki K (2020) Dynamics of inter-regional cellular interactions during slow-wave sleep. The Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society. (oral)

*Miyawaki H, Mizuseki K (2019) Evolution of fear memory representation in local and global circuits. The Annual Meeting of the Society for Neuroscience, (poster)

*Miyawaki H, Mizuseki K (2019) Global and local neuronal dynamics underlying fear memory. The Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society. (poster)

*Miyawaki H, Mizuseki K (2021) Multi-regional large-scale electrophysiology revealed that inter-regional coactivations of cell ensembles support fear memory. 第98回日本生理学会大会. (oral)

*Miyawaki H, Mizuseki K (2019) Inter-regional co-activation of neuronal ensembles emerged after initial memory acquisition. 次世代脳プロジェクト 冬のシンポジウム. (poster)

鮫島 和行: 多次元の状態・行動空間における意思決定と大脳基底核の情報表現

<雑誌論文>

Kawakami I, Motoda A, Hashimoto M, Shimozawa A, Masuda-Suzukane M, Ohtani R, Takase M, Kumashiro M, Samejima K, Hasegawa M (2020) Progression of phosphorylated α -synuclein in *Macaca fuscata*. **Brain Pathology**, 12952. (reviewed)

Li G, Hashimoto T, Konno T, Okuda J, Samejima K, Fujiwara M, Morita J (2019) The Mirroring of Symbols: An EEG Study on the Role of Mirroring in the Formation of Symbolic Communication Systems. **Letters on Evolutionary Behavioral Science**, 10, 2, 7-10. (reviewed)

Nonomura S, Samejima K (2019) Neuronal representation of object choice in the striatum of the monkey. **Frontiers in Neuroscience**, 13, 1283. (reviewed)

鮫島和行 (2020) 知能の理論と実験, その循環。強化学習と神経科学を例に。認知科学, 3, 373-382. (invited)

<学会発表等>

Samejima K (2020) Striatal neural dynamics during cognitive choice. 日本神経回路学会大会.

小松 三佐子: 予測の神経基盤: 広域皮質脳波における時空間構造

<雑誌論文>

Tremblay S, Acker L, Afraz A, Albaugh DL, Amita H, Andrei AR, Angelucci A, Aschner A, Balan PF, Basso MA, Benvenuti G, Bohlen MO, Caiola MJ, Calcedo R, Cavanaugh J, Chen Y, Chen S, Chernov MM, Clark MA, Dai J, Debes SR, Deisseroth K, Desimone R, Dragoi V, Egger SW, Eldridge MAG, El-Nahal HG, Fabbrini F, Federer F, Fetsch CR, Fortuna MG, Friedman RM, Fujii N, Gail A, Galvan A, Ghosh S, Gieselmann MA, Gulli RA, Hikosaka O, Hosseini EA, Hu X, Huer J, Inoue K, Janz R, Jazayeri M, Jiang R, Ju N, Kar K, Klein C, Kohn A, Komatsu M, Maeda K, Martinez-Trujillo, Matsumoto M, Maunsell JHR, Mendoza-Halliday D, Monosov IE, Muers RS, Nurminen L, Ortiz-Rios M, O'Shea DJ, Palfi S, Petkov CI, Pojoga S, Rajalingham R, Ramakrishnan C, Remington ED, Revsine Ca, Roe AW, Sabes PN, Saunders RC, Scherberger H, Schmid MC, Schultz W, Seidemann E, Senova YS, Shadlen MN, Sheinberg DL, Siu, Smith Y, Solomon SS, Sommer MA, Spudich JL, Stauffer WR, Takada M, Tang S, Thiele A, Treue S, Vanduffel W, Vogels R, Whitmire MP, Wichmann Thomas, Wurtz R H, Xu H, Yazdan-Shahmorad A, Shenoy KV, DiCarlo JJ, Platt ML (2020) An open resource for non-human primate optogenetics. **Neuron**, 108, 6, 1075-1090. (reviewed)

*Komatsu M, Ichinohe N (2020) Effects of Ketamine Administration on Auditory Information Processing in the Neocortex of Nonhuman Primates. **Frontiers in Psychiatry**, 11, 826. (reviewed)

Tada M, Kirihara K, Koshiyama D, Fujioka M, Usui K, Uka T, Komatsu M, Kunii N, Araki T, Kasai K (2020) Gamma-Band Auditory Steady-State Response as a Neurophysiological Marker for Excitation and Inhibition Balance: A Review for Understanding Schizophrenia and Other Neuropsychiatric Disorders. **Clinical EEG and Neuroscience**, 51, 4, 234-243. (reviewed)

Takasago M, Kunii N, Komatsu M, Tada M, Kirihara K, Uka T, Ishishita Y, Shimada S, Kasai K, Saito N (2020) Spatiotemporal Differentiation of MMN From N1 Adaptation: A Human ECoG Study. **Frontiers in Psychiatry**, 11, 586. (reviewed)

Qing Wang, Pedro Antonio Valdés-Hernández, Deirel Paz-Linares, Jorge Bosch-Bayard, Naoya Oosugi, Komatsu M, Fujii N, Pedro Antonio Valdés-Sosa (2019) ECoG-Comp: An Open Source Platform for Concurrent EEG/ECoG Comparisons—Applications to Connectivity Studies. **Brain Topography**, 32, 4, 550-568. (reviewed)

<学会発表等>

- Komatsu M (2020) Hierarchical predictions in the marmoset cerebral cortex. the 43th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Taneko K, Komatsu M, Ichinohe N, Okano H (2019) Cerebral information dynamics from visual input to motor output with a whole-hemisphere electrocorticography (ECoG). Neuroscience 2019.
- Komatsu M, Yamada Kaneko T, Okano H, Yamamori T, Ichinohe N, Yamashita Y (2019) Resting state networks on electrocorticograms reveal global and local cortical functional structures. Neuroscience 2019.
- Obara K, Ebina T, Masamizu Y, Terada S, Uka T, Komatsu M, Ichinohe N, Watakabe A, Mizukami H, Yamamori T, Kasai K, Matsuzaki M (2019) Calcium imaging of the auditory mismatch negativity (aMMN) responses in common marmosets. The 42nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Kaneko T, Komatsu M, Ichinohe N, Okano H (2019) Information dynamics of natural vision investigated by electrocorticographic (ECoG) signal covering the entire hemisphere of a none-human primate. The 42nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Yoshida M, Kaneko T, Komatsu M, Okano H, Ichinohe N (2019) Visual mismatch negativity measured from whole-cortical electrocorticographic arrays in common marmosets. The 42nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Nakagami Y, Watakabe A, Komatsu M, Takaji M, Mizukami H, Hata J, Okano H, Nakae K, Ishii S, Ichinohe N, Yamamori T (2019) Local knockdown of CRTCL1 gene expression in marmoset V1 triggers epilepsy-like neural activities. The 42nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Suzuki W, Komatsu M, Kaneko T, Shinomoto Y, Okano H, Ichinohe N (2019) Information processing of other's action in the STS of common marmoset revealed by whole-cortical recordings. The 42nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Nakae K, Tsukada H, Hata J, Komatsu M, Nakagami Y, Skibbe H, Woodward A, Rui, Gutierrez CE, Yamamori T, Okano H, Doya K, Ishii S (2021) Spatial and temporal prediction of neural activity of electrocorticography with a fusion of structural connectivity of marmosets. 第10回日本マーモセット研究会大会.
- Zlata zp, Komatsu M, Yamamori T, Yoshida M (2021) Ketamine affects saccadic eye movements during free-viewing, peri-saccadic activity measured from whole-cortical electrocorticogram (ECoG) arrays, and Ca signals in posterior parietal cortex (PPC) in common marmosets. 第10回日本マーモセット研究会大会.
- Matsui H, Komatsu M, Kaneko T, Okano H, Ichinohe N, Yoshida M (2021) Deviance detection in visual mismatch negativity (MMN) measured from whole-cortical electrocorticogram (ECoG) arrays in common marmosets. 第10回日本マーモセット研究会大会.
- Komatsu M (2020) Whole-cortical ElectroCorticography in Common Marmoset. 第9回日本マーモセット研究会大会.
- 小松三佐子 (2021) 非ヒト霊長類の広域皮質情報処理. SCBR FORUM2021. invited
- Komatsu M (2020) Predictive coding on auditory processing: spatio-temporal structure of signal flow in the primate neocortex. MACS International Symposium: COMPUTATIONAL PRINCIPLES IN ACTIVE PERCEPTION AND REINFORCEMENT LEARNING IN THE BRAIN. invited
- Komatsu M (2019) Information Flow in the Cortex of Non-human primates with Large-Scale ElectroCorticography. the NIPS Research Meeting on “Visualization and Control of Neural Dynamics. Invited

深井 朋樹: 樹状突起計算を統合する新しい回路学習パラダイムの創出

<雑誌論文>

- *Fung CCA, *Fukai T (2023) Competition on Presynaptic Resources Enhances the Discrimination of Interfering Memories. *PNAS Nexus*, in press. (Online journal)
- *Fukai T (2023) Computational models of Idling brain activity for memory processing. In NSR special issue “The idling brain in cognition”. *Neuroscience Research*, 189, 75-87. (review article, Epub ahead of print on 2022/12/30)
- *Hongjie Bi, Fukai T (2022) Amplitude-mediated chimera states in nonlocally coupled Stuart-Landau oscillators. *Chaos*, 32, 83125. (reviewed)
- *Asabuki T, Kokate P, Fukai T (2022) Neural circuit mechanisms of hierarchical sequence learning tested on large-scale recording data. *PLOS Computational Biology*, 18, e1010214. (reviewed)
- *DellaFerrera G, Asabuki T, Fukai T (2022) Modeling the Repetition-based Recovering of Acoustic and Visual Sources with Dendritic Neurons. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 855753. (reviewed)
- *Fukai T, Asabuki T, Haga T (2021) Neural mechanisms for learning hierarchical structures of information. *Current Opinion in Neurobiology*, 70, 145-153. (reviewed)
- *Haga T, *Fukai T (2021) Multiscale representations of community structures in attractor neural networks. *PLOS Computational Biology*, 17, 8, e1009296. (reviewed)
- *Handa T, Harukuni R, *Fukai T (2021) Concomitant processing of choice and outcome in frontal corticostriatal ensembles correlates with performance of rats. *Cerebral Cortex*, bhab091. (reviewed)

- *Kurikawa T, Mizuseki K, Fukai T (2020) Oscillation-Driven Memory Encoding, Maintenance, and Recall in an Entorhinal-Hippocampal Circuit Model. **Cerebral Cortex**, 31, bhaa343. (reviewed)
- * Sato M, Mizuta T, Islam T, Kawano M, Sekine Y, Takekawa T, Gomez-Dominguez D, Schmidt A, Wolf F, Kim K, Yamakawa H, Ohkura M, Lee MG, Fukai T, Nakai J *Hayashi Y (2020) Distinct mechanisms of over-representation of landmarks and rewards in the hippocampus. **Cell Reports**, 32, 107864. (reviewed)
- Asabuki T, *Fukai T (2020) Somatodendritic consistency check for temporal feature segmentation. **Nature Communications**, 11, 1554. (reviewed)
- *Hayakawa T, Fukai T (2020) Spontaneous and stimulus-induced coherent states of critically balanced neuronal networks. **Physical Review Research**, 2, 013253. (reviewed)
- *Haga T, *Fukai T (2019) Extended temporal association memory by modulations of inhibitory circuits. **Physical Review Letters**, 123, 78101. (reviewed)
- *Watanabe K, Haga T, Tatsuno M, Euston DR, *Fukai T (2019) Unsupervised detection of cell-assembly sequences by similarity-based clustering. **Frontiers in Neuroinformatics**, 13, 39. (reviewed)
- <査読付国際会議論文>
- Burns TF, Fukai T (2023) Simplicial Hopfield networks. The Eleventh International Conference on Learning Representations (**ICLR2023**).
- <学会発表等>
- Fukai T (2020) Rate and temporal coding perspectives of motor processing in cortical microcircuits. Online Workshop Series Neural Control: From data to machines.
- * Carvalho MM, Fukai T (2020) Self-supervision mechanism of multiple dendritic compartments for temporal feature learning. 29th Annual Computational Neuroscience Meeting (**CNS 2020**).
- *Haga T, Fukai T (2020) Multiscale associative memory recall by modulation of inhibitory circuits. Computational and Systems Neuroscience (**Cosyne**) 2020.
- Fukai T (2019) Cognition through neural circuit dynamics. Toyama Forum for Academic Summit on "Dynamic Brain".
- *Haga T, Fukai T (2019) Extended associative memory by inhibitory modulation. Neuroscience 2019 (**SfN's 49th annual meeting**).
- *Wagatsuma N, Nobukawa S, Fukai T (2019) Top-down modulations of bottom-up signal processing in a microcircuit model involving PV, SOM and VIP inhibitory interneurons. Neuroscience 2019 (**SfN's 49th annual meeting**).
- Fukai T (2019) Temporal feature analysis in brain-inspired neural systems. Silicon Nanoelectronics Workshop 2019.
- Fukai T (2019) Temporal feature analysis by self-supervising dendritic neurons. 2019 Gordon Research Conference on Dendrites: Molecules, Structure and Function.
- Fukai T (2021) セルアセンブリによる情報符号化の多面的解析
Multi-faceted analysis of cell assembly code. 文部科学省新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」カ
ルシウムイメージング ワークショップ Calcium Imaging Workshop Organized by “Correspondence and Fusion
of Artificial Intelligence and Brain Science”.
- Fukai T (2020) 情報圧縮: 脳的アプローチ. 第12回数理モデリング研究会 数理モデリングの哲学--数理モ
デルは何のためにあるのか --.
- Asabuki T, Dellaferrera G, *Fukai T (2020) Learning complex temporal features by neurons with dendrites.
OIST-Hitachi Joint Symposium.
- <アウトリーチ等>
- Haga T, Fukai T (2019) Extending associative memory through inhibitory circuits. **RIKEN Research News**.
https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/rr/20191129_4/index.html
- Haga T, Fukai T (2019) Computer Model Helps Make Sense of Human Memory. **OIST News**.
<https://www.oist.jp/news-center/news/2019/10/7/computer-model-helps-make-sense-human-memory>
- Fung CCA, Fukai T (2019) A neural network model partly explains how we store and recollect memories.
RIKEN Research News.
https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/rr/20190315_FY20180057/

アンドレア ベヌッチ: Learning perceptual representations in biological and artificial neural networks

<雑誌論文>

- Orlandi, JG, Abdolrahmani M, Aoki R, Lyamzin DR, *Benucci A (2023) Distributed context-dependent choice information in mouse posterior cortex. **Nature Communications**, 14, 192 (reviewed)
- Lyamzin DR, Aoki R, Abdolrahmani M, *Benucci A (2021) Probabilistic discrimination of relative stimulus features in mice. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 118(30), e2103952118. (reviewed)

Abdolrahmani M, Lyamzin DR, Aoki R, *Benucci A (2021) Attention separates sensory and motor signals in the mouse visual cortex. **Cell Reports**, 36(2):109377. (reviewed)

Makino Y, Polygalov D, Bolaños F, Benucci A, *McHugh TJ (2019) Physiological Signature of Memory Age in the Prefrontal-Hippocampal Circuit. **Cell Reports**, 29, 12, 3835-3846.e5. (reviewed)

<学会発表等>

Abdolrahmani M, + Lyamzin DR, Aoki R, *Benucci A (2019) Cognitive modulation of interacting corollary discharges in the visual cortex. Neuroscience 2019.

Orlandi JG, Abdolrahmani M, Aoki R, Lyamzin DR, *Benucci A (2019) Revealing causal and non-causal network interactions during perceptual decision making from wide-field cortical imaging in mice. Neuroscience 2019.

*Benucci A (2019) Attention Demixes the Dynamics of Sensory and Motor Responses in the Mouse Visual cortex. invited talk, International School for Advanced Studies, Trieste, Italy.

*Benucci A (2019) Stability and Plasticity of Visual Representations in the Mouse Cortex. Brain Networks Workshop.

Aoki R, *Benucci A (2020) Plasticity of visual cortical circuits driven by millisecond patterned optogenetic manipulations at cellular-level resolution. JNS meeting.

Lyamzin D, Aoki R, Benucci A (2020) Orientation discrimination thresholds and task heuristics in mice. JNS meeting.

Lyamzin D, *Benucci A (2019) Bayesian regularization of undersampled cortical dynamics during natural behaviour. JNS meeting.

Bolanos F, Aoki R, *Benucci A (2019) Quantifying the contribution of body movements to the dynamics of the mouse parietal cortex during decision-making using videography and deep convolutional neural networks. JNS meeting.

Aoki R, *Benucci A (2019) Reliable optogenetic stimulation of single neurons in-vivo with digital micro-mirror technology. JNS meeting.

細谷 晴夫: 高次視覚野の計算理論に基づくワンショット学習モデル

<雑誌論文>

*Freiwald WA, Hosoya H (2021) Neuroscience: A Face's Journey through Space and Time. **Current Biology**, 31, R13-R15. (invited)

Raman R, *Hosoya H (2020) Convolutional neural networks explain tuning properties of anterior, but not middle, face-processing areas in macaque inferotemporal cortex. **Communications Biology**, 3, 1-15. (reviewed)

<査読付国際会議論文>

*Hosoya H (2019) Group-based learning of disentangled representations with generalizability for novel contents. **Proceedings of 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2019)**. (reviewed)

Raman R, *Hosoya H (2019) Does CNN explain tuning properties of macaque face-processing system? . **Proceedings of Conference on Cognitive Computational Neuroscience**. (reviewed)

*Hosoya H (2019) A deep generative model explaining tuning properties of monkey face processing patches. **Proceedings of Conference on Cognitive Computational Neuroscience**. (reviewed)

<学会発表等>

Hosoya H (2022) CIGMO: Categorical invariant representations in a deep generative framework. Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI2022).

*Hosoya H (2021) CIGMO: Learning categorical invariant deep generative models from grouped data. ICLR Workshop on Weakly Supervised Learning.

*Hosoya H (2020) A deep generative model explaining tuning properties of monkey face processing patches. 第43回日本神経科学大会 .

*Raman R, Hosoya H (2019) Evaluating CNNs as a model of face processing network of the macaque. 第42回日本神経科学大会 .

森岡 博史: 非線形ダイナミカル表現学習法の開発による脳の理解と予測

<雑誌論文>

Morioka H, Calhoun V, Hyvärinen A (2020) Nonlinear ICA of fMRI reveals primitive temporal structures linked to rest, task, and behavioral traits. **NeuroImage**, 218. (reviewed)

Nishimoto T, Higashi H, Morioka H, Ishii S (2020) EEG-based personal identification method using unsupervised feature extraction and its robustness against intra-subject variability. **Journal of Neural Engineering**, 17. (reviewed)

<査読付国際会議論文>

Morioka H, Hälvä H, Hyvärinen A (2021) Independent innovation analysis for nonlinear vector autoregressive process. The 24th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (**AISTATS 2021**).

Morioka H, Hermann H, Hyvärinen A (2021) Independent Innovation Analysis for Nonlinear Vector Autoregressive Process. 24th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (**AISTATS 2021**).

<学会発表等>

Morioka H (2022) Discussions about Prof. Aapo Hyvärinen's lecture. The 4th Akaike Memorial Lecture (https://www.ism.ac.jp/akaikememorial/aic_aml_4_e.html).

Morioka H (2019) Nonlinear spatial ICA of resting-state fMRI via space-contrastive learning. Brainstorming on Primate Connectome 2019.

森岡博史 (2021) 非線形独立成分分析による教師なし特徴抽出とその応用. 日本バイオインフォマティクス学会 (**IIBMP2021**).

Morioka H (2020) Nonlinear spatial ICA of resting-state fMRI via space-contrastive learning. The 6th CiNet Conference.

Morioka H (2019) Nonlinear spatial ICA of resting-state fMRI via space-contrastive learning. 次世代脳プロジェクト冬のシンポジウム 2019.

Morioka H (2019) Nonlinear spatial ICA of resting-state fMRI via space-contrastive learning. Neuro-inspired AI Workshop.

Morioka H (2019) Nonlinear spatial ICA of resting-state fMRI via space-contrastive learning. 3rd Japanese Meeting for Human Brain Imaging.

<アウトリーチ等>

Morioka H (2021) Nonlinear ICA of fMRI reveals primitive temporal structures linked to rest, task, and behavioral traits. RIKEN AIP Open Seminar. 一般向け講演会

<A01 予測と知覚 公募研究 前期>

池上 高志: 生成系の深層学習を用いた空間/音の認知に関する研究

<査読付国際会議論文>

*Masumori A, Sinapayen L, Maruyama N, Mita T, Bakkum D, Frey U, Takahashi H, Ikegami T (2018) Autonomous Regulation of Self and Non-Self by Stimulation Avoidance in Embodied Neural Networks. **Proceedings of the ALIFE 2018**, 1, 163-170. (reviewed)

*Doi I, Ikegami T, Masumori A, Kojima H, Ogawa K, Ishiguro H (2017) A new design principle for an autonomous robot. **Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Life (ECAL2017)**, 1, 490-496. (reviewed)

*Sinapayen L, Ikegami T (2017) Online fitting of computational cost to environmental complexity: Predictive coding with the ϵ -network. **Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Life (ECAL2017)**, 1, 380-387. (reviewed)

*Masumori A, Sinapayen L, Ikegami T (2017) Learning by stimulation avoidance scales to large neural networks. **Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Life (ECAL2017)**, 1, 275-282. (reviewed)

*Masumori A, Maruyama N, Mita T, Bakkum D, Frey U, Takahashi H, Ikegami T (2017) Learning by Stimulation Avoidance in Cultured Neuronal Cells. **Proceedings of the 2nd International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics (SWARM 2017)**, 1, 279-286. (reviewed)

<学会発表等>

*Masumori A, Sinapayen L, Maruyama N, Mita T, Bakkum D, Frey U, Takahashi H, Ikegami T (2018) Autonomous Regulation of Self and Non-Self by Stimulation Avoidance in Embodied Neural Networks. Artificial Life Conference 2018. (oral)

*Doi I, Ikegami T, Masumori A, Kojima H, Ogawa K, Ishiguro H (2017) A new design principle for an autonomous robot. Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Life (**ECAL2017**). (poster)

*Sinapayen L, Ikegami T (2017) Online fitting of computational cost to environmental complexity: Predictive coding with the ϵ -network. Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Life (**ECAL2017**). (oral)

*Masumori A, Sinapayen L, Ikegami T (2017) Learning by stimulation avoidance scales to large neural networks. Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Life (**ECAL2017**). (oral)

*Masumori A, Maruyama N, Mita T, Bakkum D, Frey U, Takahashi H, Ikegami T (2017) Learning by Stimulation Avoidance in Cultured Neuronal Cells. Proceedings of the 2nd International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics (**SWARM 2017**). (oral)

*升森敦士, 丸山典宏, シナパヤ ラナ, 池上高志 (2018) 身体化されたニューラルネットワークにおける自律的な内と外の境界の規定. 人工知能学会全国大会 2018. (oral)

- *小島大樹, 土井樹, 池上高志 (2017) DCGAN の作る仮想世界と現実空間の Map. 人工知能学会全国大会 2017. (oral)
- *シナパヤ ラナ, 池上高志 (2017) Video Compression with a Predictive Neural Network. 人工知能学会全国大会 2017. (oral)

柳井 啓司: 単機能の重ね合せにより新機能を創発するマルチファンクショナル深層学習ネットワーク
 <雑誌論文>

- *Ege T, Yanai K (2018) Image-based food calorie estimation using recipe information. **IEICE Transactions on Information and Systems**, E101-D, 5, 1333-1341. (reviewed)
- *Ege T, Yanai K (2019) Simultaneous Estimation of Dish Locations and Calories with Multi-task Learning. **IEICE Transactions on Information and Systems**, E102-D, 7, 1240-1246. (reviewed)
- *Shimoda W, Yanai K (2019) Webly-Supervised Food Detection with Foodness Proposal. **IEICE Transactions on Information and Systems**, E103-D, 7, 1230-1239. (reviewed)
- *Rosas-Arias L, Benitez-Garcia G, Portillo-Portillo J, Olivares-Mercado J, Sanchez-Perez G, Yanai K (2022) FASSD-Net: Fast and Accurate Real-Time Semantic Segmentation for Embedded Systems. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, 23, 9, 14349-14360. (reviewed)
- *Benitez-Garcia G, Takahashi H, Yanai K (2022) Material Translation Based on Neural Style Transfer with Ideal Style Image Retrieval. **Sensors**, 22, 19, 7317. (reviewed)
- *松尾真, 柳井啓司 (2017) Neural Style Vector を用いた絵画画像のスタイル検索. 電子情報通信学会論文誌 D, J100-D, 8, 742-749. (reviewed)
- *會下拓実, 柳井啓司 (2018) CNN 特徴量学習に基づく画像検索による食事画像カロリー一量推定. 電子情報通信学会論文誌 D, J101-D, 8, 1099-1109. (reviewed)

<学会発表等>

- *Takeda M, Yanai K (2022) Continual Learning in Vision Transformer. IEEE International Conference on Image Processing (**ICIP**).
- *Takeda M, Yanai K (2022) Generating Images from Small Datasets Using Adaptive Point-wise Grouped Convolutions. International Workshop on Frontiers of Computer Vision (**IWFCV**).
- *Takeda M, Benitez-Garcia G, Yanai K (2020) Training of Multiple and Mixed Tasks With A Single Network Using Feature Modulation. ICPR Workshop on Deep Learning for Pattern Recognition (**DLPR**).
- *Ege T, Ando Y, Tanno R, Shimoda W, Yanai K (2019) Image-Based Estimation of Real Food Size for Accurate Food Calorie Estimation. IEEE International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (**MIPR**).
- *Nagano T, Ege T, Shimoda W, Yanai K (2019) A Large-scale Analysis of Regional Tendency of Twitter Photos Using Only Image Features. IEEE International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (**MIPR**).
- *Shimoda W, Narusawa A, Yanai K (2018) Font Style Transfer Using Deep Neural Networks. International Display Workshop (**IDW**).
- *Izumi Y, Horita D, Tanno R, Yanai K (2018) Real-Time Image Classification and Transformation Apps on iOS by “Chainer2MPSNNGraph”. NIPS 2018 Workshop on Machine Learning on the Phone and other Consumer Devices (**MLPCD**).
- *Matsumoto A, Yanai K (2018) Continual Learning for an Encoder-Decoder CNN Using “Piggyback”. **NIPS2018** Continual Learning Workshop.
- *Naritmo S, Tanno R, Ege T, Yanai K (2018) FoodChangeLens: CNN-based Food Transformation on HoloLens. International Workshop on Interface and Experience Design with AI for VR/AR (**DAIVAR**).
- *Sugiyama Y, Yanai K (2018) Word-Conditioned Image Style Transfer. ACCV Workshop on AI Aesthetics in Art and Media (**AIAM**).
- *Narusawa A, Shimoda W, Yanai K (2018) Font Style Transfer Using Neural Style Transfer and Unsupervised Cross-domain Transfer. ACCV Workshop on AI Aesthetics in Art and Media.
- *Horita D, Cho J, Ege T, Yanai K (2018) CNN-based Photo Transformation for Improving Attractiveness of Ramen Photos. ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (**VRST**).
- *Tanno R, Ege T, Yanai K (2018) AR DeepCalorieCam V2: Food Calorie Estimation with CNN and AR-based Actual Size Estimation. ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (**VRST**).
- *Tanno R, Horita D, Shimoda W, Yanai K (2018) Magical Rice Bowl: Real-time Food Category Changer. ACM Multimedia.
- *Ege T, Yanai K (2018) Multi-task Learning of Dish Detection and Calorie Estimation. International Workshop on Multimedia Assisted Dietary Management (**MADIMA**).
- *Horita D, Tanno R, Shimoda W, Yanai K (2018) Food Category Transfer with Conditional Cycle GAN and a Large-scale Food Image Dataset. International Workshop on Multimedia Assisted Dietary Management .

- *Ito Y, Shimoda W, Yanai K (2018) Food Image Generation using A Large Amount of Food Images with Conditional GAN: RamenGAN and RecipeGAN. International Workshop on Multimedia Assisted Dietary Management (**MADIMA**).
- *Tanno R, Yanai K (2018) AR deepcaloriecam: an iOS app for food calorie estimation with augmented reality. The International Multimedia Modeling Conference (**MMM**).
- *Shimoda W, Yanai K (2017) Predicting segmentation easiness from the consistency for weakly-supervised segmentation. Asian Conference on Pattern Recognition (**ACPR**).
- *Ege T, Yanai K (2017) Estimating food calories for multiple-dish food photos. Asian Conference on Pattern Recognition (**ACPR**).
- *Ege T, Yanai K (2017) Image-based food calorie estimation using knowledge on food categories, ingredients and cooking directions. ACM Multimedia Thematic Workshops on Understanding.
- *Ege T, Yanai K (2017) Comparison of two approaches for direct food calorie estimation. International Workshop on Multimedia Assisted Dietary Management (**MADIMA**).
- Matsuo S, *Shimoda W, Yanai K (2017) Partial style transfer using weakly-supervised semantic segmentation. ICME Workshop on Multimedia Artworks Analysis (**MMArt**).
- *Yanai K, Tanno R (2017) Conditional fast style transfer network. ACM International Conference on Multimedia Retrieval (**ICMR**).
- *Ege T, Yanai K (2017) Simultaneous estimation of food categories and calories with multi-task CNN. IAPR International Conference on Machine Vision Applications (**MVA**).
- *Yanai K (2017) Unseen style transfer based on a conditional fast style transfer network. International Conference on Learning Representation Workshop Track (**ICLR WS**).
- Matsuo S, *Shimoda W, Yanai K (2017) Twitter photo geo-localization using both textual and visual features. International Conference on Multimedia Big Data (**BIGMM**).
- *Shimoda W, Yanai K (2017) Learning food image similarity for food image retrieval. International Conference on Multimedia Big Data (**BIGMM**).
- *成沢淳史, 柳井啓司 (2018) スタイル転移によるフォント画像変換. 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会(**CVIM**).
- *丹野良介, 會下拓実, 柳井啓司 (2018) AR DeepCalorieCam: AR 表示型食事カロリー量推定システム. データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(**DEIM**).
- *成富志優, 堀田大地, 丹野良介, 下田和, 柳井啓司 (2018) Conditional GAN による食事写真の属性操作. データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(**DEIM**).
- *伊藤祥文, 丹野良介, 柳井啓司 (2018) Conditional GAN を用いた大規模食事画像データからの画像生成. 電子情報通信学会 食メディア研究会(**CEA**).
- *會下拓実, 柳井啓司 (2018) 単一の畳み込みネットワークによる料理検出とカロリー量推定のマルチタスク学習. 電子情報通信学会 食メディア研究会(**CEA**).
- *成沢淳史, 下田和, 柳井啓司 (2018) 深層学習による質感文字生成. 人工知能学会全国大会.
- *杉山 優, 柳井啓司 (2018) 画像内容を考慮した質感表現に基づく画像変換. 人工知能学会全国大会.
- *柳井啓司 (2018) 教師情報に含まれるノイズに堅牢な弱教師あり領域分割手法. 画像の認識・理解シンポジウム(**MIRU**).
- *會下拓実, 柳井啓司 (2018) NN による料理検出とカロリー量推定のマルチタスク学習. 画像の認識・理解シンポジウム(**MIRU**).
- *杉山 優, 柳井啓司 (2018) 単語情報を利用した画像の質感転送. 画像の認識・理解シンポジウム(**MIRU**).
- *泉裕貴, 堀田大地, 丹野良介, 柳井啓司 (2018) Chainer2MPSGraph: 高速深層学習モバイルアプリ作成のためのモデルコンバータ. 画像の認識・理解シンポジウム(**MIRU**).
- *堀田大地, 丹野良介, 下田和, 柳井啓司 (2018) 画像マイニングを用いた Conditional Cycle GAN による食事画像変換. 画像の認識・理解シンポジウム(**MIRU**).
- *成沢淳史, 下田和, 柳井啓司 (2018) CNN を用いた質感文字生成. 画像の認識・理解シンポジウム(**MIRU**).
- *丹野良介, 會下拓実, Jaehyeong Cho, 柳井啓司 (2018) AR 技術とモバイル深層学習を活用した 食事カロリー量推定. 画像の認識・理解シンポジウム(**MIRU**).
- *成沢淳史, 柳井啓司 (2018) スタイル転移によるフォント画像変換. 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会(**CVIM**).
- *丹野良介, 會下拓実, 柳井啓司 (2018) AR DeepCalorieCam: AR 表示型食事カロリー量推定システム. データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(**DEIM**).
- *成富志優, 堀田大地, 丹野良介, 下田和, 柳井啓司 (2018) Conditional GAN による食事写真の属性操作. データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(**DEIM**).

- *伊藤祥文, 丹野良介, 柳井啓司 (2018) Conditional GAN を用いた大規模食事画像データからの画像生成. 電子情報通信学会 食メディア研究会(CEA).
 - *會下拓実, 柳井啓司 (2018) 単一の畳み込みネットワークによる料理検出とカロリー量推定のマルチタスク学習. 電子情報通信学会 食メディア研究会(CEA).
 - *會下拓実, 丹野良介, 柳井啓司 (2017) CNN による複数品食事画像の同時カロリー推定とそのモバイル実装. 電子情報通信学会 食メディア研究会 (CEA).
 - *丹野良介, 泉裕貴, 柳井啓司 (2017) CoreML による iOS 深層学習アプリの実装と性能分析. 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU).
 - *會下拓実, 柳井啓司 (2017) CNN による複数料理写真からの同時カロリー量推定. 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU).
 - *會下拓実, 柳井啓司 (2017) 食事画像カロリー量推定における回帰による手法と検索による手法の比較. 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 (CVIM).
 - *下田和, 柳井啓司 (2017) 完全教師あり学習手法を用いた弱教師あり領域分割におけるシード領域生成方法の改良. 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 (CVIM).
 - *下田和, 柳井啓司 (2017) 弱教師あり領域分割のための一貫性に基づく学習画像の領域分割容易性推定. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU).
 - *松尾真, 下田和, 柳井啓司 (2017) 画像スタイル変換と Web 画像を用いた画像の任意質感生成. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU).
 - *會下拓実, 柳井啓司 (2017) Multi-task CNN を用いた食材および調理手順情報を利用した食事画像カロリー量推定. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU).
 - *長野哲也, 會下拓実, 柳井啓司 (2017) Twitter 画像に対する地域別画像タイプの大規模分析. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU).
 - *成沢淳史, 柳井啓司 (2017) Neural Style Transfer と Cycle GAN を利用したフォント変換. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU).
 - *伊藤祥文, Cho J, 柳井啓司 (2017) Conditional GAN を用いた複数詳細カテゴリ画像の合成. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU).
 - *丹野良介, 泉裕貴, 柳井啓司 (2017) ConvDeconvNet の効率的モバイル実装による 画像変換・物体検出・領域分割リアルタイム iOS アプリ群. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU).
- Tanno R, *Yanai K (2017) Unseen Style Transfer Network. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU).
- *丹野良介, 下田和, 柳井啓司 (2017) 複数スタイルの融合と部分的適用を可能とする Multi-style Feed-forward Network の提案. 人工知能学会全国大会.
 - *會下拓実, 柳井啓司 (2017) 食事レシピ情報を利用した食事画像からのカロリー量推定. 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 (CVIM).
 - *松尾真, 下田和, 柳井啓司 (2017) 画像スタイル変換と Web 画像を用いた画像の任意質感生成. 人工知能学会全国大会.

<受賞>

- 丹野良介, 會下拓実, 柳井啓司 (2018) AR DeepCalorieCam: AR 表示型食事カロリー量推定システム. 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2018) 優秀インタラクティブ賞.
- 丹野良介, 泉裕貴, 柳井啓司 (2017) ConvDeconvNet の効率的モバイル実装による 画像変換・物体検出・領域分割リアルタイム iOS アプリ群. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU) MIRU デモ発表賞.
- Tanno R, Yanai K (2017) Unseen Style Transfer Network. 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU) MIRU インタラクティブ発表賞.

篠本 滋: 神経信号からネットワーク構造を推定し・そこに発現する活動パターンを予測する

<雑誌論文>

- Kobayashi R, Kurita S, Kurth A, Kitano K, Mizuseki K, Diesmann M, Richmond BJ, Shinomoto S (2019) Reconstructing neuronal circuitry from parallel spike trains. **Nature Communications**, 10, 4468. (reviewed)
- Fujita K, Medvedev A, Koyama S, Lambiotte R, Shinomoto S (2018) Identifying exogenous and endogenous activity in social media. **Physical Review E**, 98, 52304. (reviewed)
- Kass RE, Amari S, Arai K, Brown EN, Diekmann CO, Diesmann M, Doiron B, Eden UT, Fairhall A, Fiddymont GM, Fukai T, Gruen S, Harrison MT, Helias M, Nakahara H, Teramae J, Thomas PJ, Reimers M, Rodu J, Rotstein HG, Shea-Brown E, Shimazaki H, Shinomoto S, Yu BM, Kramer MA (2017) Computational Neuroscience: Mathematical and Statistical Perspectives. **Annual Review of Statistics and Its Application**, 5, 183-214. (reviewed)

- Fujita K, [Shinomoto S](#), Rocha LEC (2017) Correlations and forecast of death tolls in the Syrian conflict. **Scientific Reports**, 7, 15737. (reviewed)
- Kobayashi R, Nishimaru H, Nishijo H, Lansky P (2017) A single spike deteriorates synaptic conductance estimation. **Biosystems**, 161, 41-45. (reviewed)
- Proskurnia J, Grabowicz PA, Kobayashi R, Castillo C, Cudre-Mauroux P, Aberer K (2017) Predicting the success of online petitions leveraging multidimensional time-series. **WWW**, 17, 755-764. (reviewed)
- Furukawa M, [Shinomoto S](#) (2017) Inferring objects from a multitude of oscillations. **Neural Computing and Applications**, 30, 2471-2478. (reviewed)
- Onaga T, [Shinomoto S](#) (2016) Emergence of event cascades in inhomogeneous networks. **Scientific Reports**, 6, 33321. (reviewed)
- Mochizuki Y, Onaga T, Shimazaki H, Shimokawa T, Tsubo Y, Kimura R, Saiki A, Sakai Y, Isomura Y, Fujisawa S, Shibata K, Hirai D, Furuta T, Kaneko T, Takahashi S, Nakazono T, Ishino S, Sakurai Y, Kitsukawa T, Lee JW, Lee H, Jung MW, Babul C, Maldonado PE, Takahashi K, Arce-McShane FI, Ross CF, Sessle BJ, Hatsopoulos NG, Brochier T, Riehle A, Chorley P, Gruen S, Nishijo H, Ichihara-Takeda S, Funahashi S, Shima K, Mushiake H, Yamane Y, Tamura H, Fujita I, Inaba N, Kawano K, Kurkin S, Fukushima K, Kurata K, Taira M, Tsutsui K, Ogawa T, Komatsu H, Koida K, Toyama K, Richmond BJ, [Shinomoto S](#) (2016) Similarity in neuronal firing regimes across mammalian species. **Journal of Neuroscience**, 36, 5736-5747. (reviewed)
- Kostal L, [Shinomoto S](#) (2016) Efficient information transfer by Poisson neuron. **Mathematical Biosciences and Engineering**, 13, 506-520. (reviewed)
- <学会発表等>
- [Shinomoto S](#) (2017) Emergence of cascades in the linear and nonlinear Hawkes processes. Brain Dynamics and Statistics: Simulation versus Data (Banff, Canada, 2017).
- [Shinomoto S](#) (2017) Inferring the source of fluctuation in neuronal activity. ICERM on Integrating Dynamics and Statistics in Neuroscience (Providence, USA, 2017) .
- <受賞>
- 小林亮太 (2016) . 電子情報通信学会 CCS 研究会 奨励賞.
- <報道発表>
- 小林亮太 (2017) web コンテンツのアクセス数を予測する技術を開発. NII news release.

濱口 航介: 神経活動と分子活性が織り成す学習規則の可視化

- <学会発表等>
- [Hamaguchi K](#), *Watanabe D (2018) HDBCellSCAN: hierarchical density-based clustering approach for ROI detection in Calcium imaging data. The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society. (poster)
- [Hamaguchi K](#), Tanaka M, *Mooney R (2017) Brain cooling and intracellular recording in singing birds revealed distributed coding of song timing. The 40th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society. (poster)

柳澤 琢史: 皮質脳波ビッグデータによる革新的人工知能の開発

- <雑誌論文>
- Fukuma R, *[Yanagisawa T](#), Tanaka M, Yoshida F, Hosomi K, Oshino S, Tani N, Kishima H (2018) Real-time neurofeedback to modulate β -band power in the subthalamic nucleus in Parkinson's disease patients. **eNeuro**, 5, 6, 0246-18. (reviewed)
- Matsushita K, Hirata M, Suzuki T, Ando H, Yoshida T, Ota Y, Sato F, Morris S, Sugata H, Goto T, [Yanagisawa T](#), Yoshimine T (2018) A Fully Implantable Wireless ECoG 128-Channel Recording Device for Human Brain-Machine Interfaces: W-HERBS. **Front Neurosci**, 12, 511. (reviewed)
- [Yanagisawa T](#), Fukuma R, Seymour B, Hosomi K, Kishima H, Shimizu T, Yokoi H, Hirata M, Yoshimine T, Kamitani Y, Saitoh Y (2018) MEG-BMI to control phantom limb pain. **Neurologia medico-chirurgica**, 58, 8, 327-333. (reviewed)
- Fukuma R, [Yanagisawa T](#), Yokoi H, Hirata M, Yoshimine T, Saitoh Y, Kamitani Y, Kishima H (2018) Training in use of brain-machine interface-controlled robotic hand improves accuracy decoding two types of hand movements. **Front. Neurosci**, 478. (reviewed)
- Hashimoto H, Hirata M, Takahashi K, Kameda S, Katsuta Y, Yoshida F, Hattori N, [Yanagisawa T](#), Palmer J, Oshino S, Yoshimine T, Kishima H. (2018) Non-invasive quantification of human swallowing using a simple motion tracking system. **Scientific Reports**, 8, 1, 5095. (reviewed)
- Araki T#, Onishi M#, *[Yanagisawa T](#), Hirata M, Watanabe Y, Ogata S, Honda K, Watanabe M, Iwatani Y, Yorifuji S (2017) Frequency-specific genetic influence on inferior parietal lobule activation commonly observed during action observation and execution. **Scientific Reports**, 7, 1, 17660. (reviewed)

- Hashimoto H, Hasegawa Y, Araki T, Sugata H, Yanagisawa T, Yorifuji S, Hirata M. (2017) Non-invasive detection of language-related prefrontal high gamma band activity with beamforming MEG. **Scientific Reports**, 7, 1, 14262. (reviewed)
- Izutsu N, Kinoshita M, Yanagisawa T, Nakanishi K, Sakai M, Kishima H (2017) Preservation of Motor Function After Resection of Lower-Grade Glioma at the Precentral Gyrus and Prediction by Presurgical Functional Magnetic Resonance Imaging and Magnetoencephalography. **World Neurosurg**, 17, 31252-4. (reviewed)
- 柳澤琢史 (2018) Q and A 神経科学の素朴な疑問, 脳の力で機械は動かせますか?. **Clinical Neuroscience**, 36, 2, 262-263. (reviewed & invited)
- 柳澤琢史 (2018) MEG-BMI による幻肢痛の病態解明と治療法の開発. **ペインクリニック**, 39, 7, 935-940. (reviewed & invited)
- 柳澤琢史 (2018) ブレインマシンインターフェイスによる脳機能の再建と修飾. **バイオサイエンスとインダストリー**, 76, 3, 264-265. (reviewed & invited)
- 柳澤琢史 (2018) 慢性疼痛を脳から治す, -Brain-Machine Interface(BMI)による幻肢痛治療. **Clinician**, 65, 668, 67-75. (reviewed & invited)
- 柳澤琢史, 福間良平, Seymour B, 細見晃一, 清水豪士, 貴島晴彦, 平田雅之, 横井浩史, 吉峰俊樹, 神谷之康, 齋藤洋一 (2017) BMI による幻肢痛の病態解明と新たな治療法開発. **機能的脳神経外科**, 56, 41-45. (reviewed & invited)
- 柳澤琢史 (2017) 幻肢痛を BMI で治す. **Clinical Neuroscience**, 35, 1, 356-7. (reviewed & invited)
- 柳澤琢史, 福間良平 1,3), Seymour B 9), 細見晃一 1,5), 清水豪士 1,5), 貴島晴彦 1), 平田雅之 1,2), 横井浩史 7), 吉峰俊樹 2,8), 神谷之康 3,6), 齋藤洋一 (2017) 皮質可塑性の制御による幻肢痛の病態解明と治療. **Pain Research**, 33, 26-31. (reviewed & invited)
- <学会発表等>
- Yanagisawa T (2018) Brain-machine interface to modulate cortical functions. Biomedical engineering seminar, epilepsy and brain machine interfaces. (invited)
- Yanagisawa T, Fukuma R, Seymour B, Hosomi K, Kishima H, Yoshimine T, Kamitani Y, Saitoh Y (2017) MEG-Neurofeedback for phantom limb pain. **rtFIN**. (invited)
- Yanagisawa T, Fukuma R, Seymour B, Hosomi K, Kishima H, Shimizu T, Yokoi H, Hirata M, Yoshimine T, Kamitani Y, Saitoh Y (2017) MEG-based BMI controlled the sensorimotor cortical plasticity and phantom limb pain. **rtFIN** satellite symposium on brain-computer interface and neurofeedback. (invited)
- Yanagisawa T (2017) BMI robotic hand controls phantom limb pain. Yamada Symposium 2017 on neuroimaging of natural behaviors. (invited)
- Yanagisawa T, Fukuma R, Seymour B, Hosomi K, Kishima H, Shimizu T, Yokoi H, Hirata M, Yoshimine T, Kamitani Y, Saitoh Y (2017) Magnetoencephalographic-based brain-machine interface robotic hand for controlling sensorimotor cortical plasticity and phantom limb pain. **ECCN**. (invited)
- 柳澤琢史, 福間良平, Seymour B, 細見晃一, 貴島晴彦, 吉峰俊樹, 神谷之康, 齋藤洋一 (2018) MEG-BMI による幻肢痛の制御. 定位機能脳神経外科学会.
- 柳澤琢史 (2018) MEG によるバイオマーカー探索とニューロフィードバック. MD-CNS 障害研究会.
- 柳澤琢史 (2017) Brain-Machine Interface による幻肢痛治療. Interstellar 研究交流会.
- 柳澤琢史 (2017) MEG-BMI による幻肢痛の病態解明と治療法の開発. 第 17 回 CRPS 研究会.
- 柳澤琢史, 福間良平, Seymour B, 細見晃一, 清水豪士, 貴島晴彦, 平田雅之, 横井浩史, 吉峰俊樹, 神谷之康, 齋藤洋一 (2017) MEG による皮質可塑性障害の評価と制御. 第 28 回小児脳機能研究会(臨床神経生理学会).
- 柳澤琢史 (2017) 脳波のリズム異常と制御. **ASCONE2017**.
- 柳澤琢史, 荒木俊彦, 福間良平, 小林真紀, 押野悟, 吉峰俊樹, 貴島晴彦 (2017) 脳磁図による側頭葉てんかんのネットワーク解析. てんかん学会.
- Yanagisawa T, Fukuma R, Edakawa K, Okada H, Araki T, Oshino S, Kobayashi M, Tanaka M, Yamamoto S, Yoshimine T, Harada T, Kishima H (2017) Development of an epilepsy diagnostic tool using artificial intelligence and cross-frequency coupling. 脳神経外科学会総会.
- Yanagisawa T, Fukuma R, Seymour B, Hosomi K, Kishima H, Yoshimine T, Kamitani Y, Saitoh Y (2017) Induction of sensorimotor plasticity altered pain in phantom limb patients with instructions to not move the phantom hand.
- 柳澤琢史, 福間良平, Seymour B, 細見晃一, 清水豪士, 貴島晴彦, 平田雅之, 横井浩史, 吉峰俊樹, 神谷之康, 齋藤洋一 (2017) 皮質可塑性の制御による幻肢痛の病態解明と治療. 日本疼痛学会 シンポジウム「痛みと脳」研究の最前線.
- 柳澤琢史 (2017) MEG-BMI による幻肢痛の病態解明と治療. 第 25 回東京臨床脳画像解析研究会 特別講演

柳澤琢史, 福間良平, Seymour B, 細見晃一, 清水豪士, 貴島晴彦, 平田雅之, 横井浩史, 吉峰俊樹
(2017) MEG Neurofeedback による幻肢痛治療. 第 19 回日本ヒューマンブレインマッピング学会.
柳澤琢史, 福間良平, Seymour B, 細見晃一, 清水豪士, 貴島晴彦, 平田雅之, 横井浩史, 吉峰俊樹, 神谷之
康, 齋藤洋一 (2017) BMI による幻肢痛の病態解明と新たな治療法開発. 第56回日本定位・機能神経外
科学会.
柳澤琢史, 平岡寿公, 小林真紀, 福間良平, 荒木俊彦, 押野悟, 吉峰俊樹, 貴島晴彦 (2017) 側頭葉てんか
んにおける発作間欠期てんかん性活動のネットワーク. 日本てんかん外科学会.
<報道発表>
柳澤琢史 (2018) 念じて義手を動かせば痛みが和らぐ!?. 日経デジタルヘルス.
柳澤琢史 (2017) ミチを開く. 朝日新聞.
柳澤琢史 (2017) サイエンス BOX 研究進む「ニューロフィードバック」. 読売新聞.
柳澤琢史 (2017) 手足動かす想像で緩和. 読売新聞夕刊.
<受賞>
柳澤琢史 (2017) 異能 variation ジェネレーションアワード企業特別賞.
柳澤琢史 (2017) バイオインダストリー奨励賞.
Yanagisawa T (2017) BCI award.
Yanagisawa T (2017) 中谷賞奨励賞.

近添 淳一:人工知能と神経基盤の相互参照アプローチによる視覚一価値変換機構の解明

<雑誌論文>

Pham TQ, Yoshimoto T, Niwa H, Takahashi HK, Uchiyama R, Matsui T, Anderson AK, *Sadato N, *Chikazoe J
(2021) Vision-to-value transformations in artificial network and human brains. **bioRxiv**,
doi: <https://doi.org/10.1101/2020.07.29.227736>. (interdisciplinary work)

*近添淳一(2021) 味覚の脳機能イメージング. **Clinical Neuroscience**, 39, 2, 167-169. (invited)

<学会発表等>

Yoshimoto T, Chikazoe J, Okazaki S, Sumiya M, Takahashi HK, Nakagawa E, Koike T, Kitada R, *Sadato N
(2017) Abstractness of value representation in orbitofrontal cortex. The 47th annual meeting of Society for
Neuroscience.

*Chikazoe J (2017) Integrated taste type representations in human insula. 2017 Yonsei Univ-Korea Univ-NIPS
Symposium.

Yoshimoto T, Chikazoe J, Okazaki S, Sumiya M, Takahashi HK, Nakagawa E, Koike T, Kitada R, Okamoto S,
Nakata M, Kosaka H, Yada H, *Sadato N (2017) State-dependent and -independent representations of food
revealed by multi voxel pattern analysis. 2017 Yonsei Univ-Korea Univ-NIPS Symposium.

*近添淳一 (2018) 表象類似度解析による脳内価値表象の解明. 脳機能イメージング研究部定例会.

*近添淳一 (2017) パターン解析により明らかにされた主観的価値・味覚の神経基盤.
人間情報研究部・研究会.

Yoshimoto T, *Chikazoe J, Okazaki S, Sumiya M, Takahashi HK, Nakagawa E, Koike T, Kitada R, Okamoto S,
Nakata M, Kosaka H, Yada T, Sadato N (2017) State-dependent and -independent food representations
revealed by multivoxel pattern analysis. 第 40 回日本神経科学大会.

* Chikazoe J (2017) Importance of pattern analysis for exploring shared neural correlates across modalities.
第 40 回日本神経科学大会.

<書籍>

Chikazoe J, Konishi S (2017) Chapter "Functional Neuroimaging Approaches to Human Memory".
Memory in a Social Context, Springer. (15-24)

<アウトリーチ等>

近添淳一 (2017) 出前授業・報告. OKAZAKI 編集委員-研究所だより No54. 機関広報誌

近添淳一 (2017) ところを見る. 出前授業. 出前授業

深井 朋樹:大脳皮質局所回路に学ぶ新しいアーキテクチャと学習モデルの構築

<雑誌論文>

*Fung CCA, * Fukai T (2019) Discrete-attractor-like tracking in continuous attractor neural networks. **Physical
Review Letters**, 122, 018102. (reviewed)

*DeCostanzo AJ, Fung CCA, *Fukai T (2019) Hippocampal neurogenesis reduces the dimensionality of
sparsely coded representations to enhance memory encoding. **Frontiers in Computational Neuroscience**, 12,
99. (reviewed)

- Kurikawa T, Haga T, Handa T, Harukuni R, *[Fukai T](#) (2018) Neuronal stability in medial frontal cortex sets individual variability in decision-making. **Nature Neuroscience**, 21, 1764-1773. (reviewed)
 featured in News & Views: Atilgan H, Kwan AC (2018) Same lesson, varied choices by frontal cortex.
<https://doi.org/10.1038/s41593-018-0282-2>
- *Haga T, *[Fukai T](#) (2018) Dendritic processing of spontaneous neuronal sequences for single-trial learning. **Scientific Reports**, 8, 15166. (reviewed)
- Asabuki T, Hiratani N, *[Fukai T](#) (2018) Interactive reservoir computing for chunking information streams. **PLOS Computational Biology**, 14. e1006400. (reviewed)
- *Fung CCA, *[Fukai T](#) (2018) Transient and persistent up states during slow-wave oscillation and their implications for cell-assembly dynamics. **Scientific Reports**, 8, 10680. (reviewed)
- Haga T, *[Fukai T](#) (2018) Recurrent network model for learning goal-directed sequences through reverse replay. **Elife**, 7, e34171. (reviewed)
- *Hiratani N, [Fukai T](#) (2018) Redundancy in synaptic connections enables neurons to learn optimally. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 115, E6871–E6879. (reviewed)
- Martin-Vazquez G, Asabuki T, Isomura Y, *[Fukai T](#) (2018) Learning task-related activities from independent local-field-potential components across motor cortex layers. **Frontiers in Neuroscience**, 12, 429. (reviewed)
- <学会発表等>
- [Fukai T](#) (2019) Learning information streams in brain-inspired neural network models. HangZhou Forum on Cognitive Neuroscience and Intelligent Application 2019.
- [Fukai T](#) (2019) Implications of symmetric STDP, replay and inhibitory engrams in sequence learning. Computational and Systems Neuroscience (**Cosyne**) 2019 Workshop.
- [Fukai T](#) (2018) Cortical network models from small scales to large scales for cognition. Orchestrating Networks.
- [Fukai T](#) (2018) Exploring a bridge between the brain and AI. Global Leaders Forum 2018.
- *Asabuki T, [Fukai T](#) (2018) Analysis of complex temporal information streams by dendritic neuron model. Neuroscience 2018 (**SfN's 48th annual meeting**).
- *Haga T, [Fukai T](#) (2018) Learning efficient search for reward by CA3 recurrent network model. Neuroscience 2018 (**SfN's 48th annual meeting**).
- [Fukai T](#) (2018) Unsupervised learning of information streams in networks of dendritic neurons. Champalimaud Research Symposium 2018.
- [Fukai T](#) (2018) Sequence learning by symmetric STDP and inhibitory engram. 18th China-Japan-Korea Joint Workshop on Neurobiology and Neuroinformatics (**NBNI2018**).
- [Fukai T](#) (2018) Reservoir computing for chunking and decision-making. Colloquium at Laboratoire de Neurosciences Cognitives, Ecole Normale Supérieure, Paris.
- [Fukai T](#) (2018) Sequence learning through reverse replay and preplay in hippocampal circuit models. Institut d'Investigacions Biomèdiques August Pi i Sunyer (**IDIBAPS**).
- [Fukai T](#) (2018) Dendritic canonical correlation analysis for memory and sensory information processing. Dendritic integration and computation with active dendrites.
- [Fukai T](#) (2017) Unsupervised reservoir computing for chunking sequence information. 17th China-Japan-Korea Joint Workshop on Neurobiology and Neuroinformatics (**NBNI 2017**).
- *Haga T, [Fukai T](#) (2017) Reverse replay strengthens forward pathways to reward through Hebbian learning and short-term depression. Neuroscience 2017 (**SfN's 47th annual meeting**).
- *DeCostanzo A, [Fukai T](#) (2017) A local supervised learning rule protects memories from catastrophic interference during subsequent unsupervised learning. Neuroscience 2017 (**SfN's 47th annual meeting**).
- *Asabuki T, [Fukai T](#) (2017) Chunk learning from complex sequences by mutually supervising recurrent neural networks. Neuroscience 2017 (**SfN's 47th annual meeting**).
- *Hayakawa T, [Fukai T](#) (2017) Interplay of microscopic and macroscopic dynamics in randomly connected neuronal networks. Bernstein Conference 2017.
- Asabuki T, Hiratani N, *[Fukai T](#) (2017) Chunking by mutual supervision in reservoir computing. Topical Problems of Nonlinear Wave Physics (**NWP-2017**) - Nonlinear Dynamics and Complexity (NWP-1).
- Haga T, *[Fukai T](#) (2017) Dendritic computing gives a meso-scopic level framework of brain's learning rule. Forum on Cognitive Neuroscience in Hangzhou.
- *朝吹俊文, [深井朋樹](#) (2019) 自己条件付きエントロピー最小化による時系列情報の特徴学習. 日本物理学会 第 74 回年次大会.
- *早川隆, [深井朋樹](#) (2019) 動的均衡にある神経回路の理論解析とレザボワ計算. 日本物理学会 第 74 回年次大会.
- *Suzuki K, Haga T, [Fukai T](#) (2018) A neural circuit model of pattern classification with dendritic activities. 第 41 回日本神経科学大会.

- *Asabuki T, [Fukai T](#) (2018) Chunking information streams by dendritic minimization of surprise signals. 第41回日本神経科学大会.
- *Hayakawa T, [Fukai T](#) (2018) Spontaneous and stimulus-induced coherent states of dynamically balanced neuronal networks. 第41回日本神経科学大会.
- *朝吹俊丈, 平谷直輝, [深井朋樹](#) (2018) 相互に教え合うリザーバ計算モジュールによるチャンク学習. 日本物理学会 第73回年次大会.
- [深井朋樹](#) (2017) 大脳皮質と海馬の神経集団活動から読み解く回路機能. 平成29年度生理学研究所研究会「大脳皮質回路の機能原理を探る」.
- [深井朋樹](#) (2017) 外界をモデル化する脳の回路メカニズム —海馬と大脳皮質—. 第54回脳科学ライフサポート研究センターセミナー.
- *芳賀達也, [深井朋樹](#) (2017) 2コンパートメントニューラルネットワークモデルにおける頑健なシーケンス記憶の形成 Robust formation of sequential memory in two-compartment neural network model. Neuroscience2017 第40回日本神経科学大会.
- *朝吹俊丈, [深井朋樹](#) (2017) リカレント神経回路による時系列からの教師無しチャンク学習 Unsupervised chunking learning from sequences by recurrent neural networks. Neuroscience2017 第40回日本神経科学大会.
- *鈴木堅斗, 芳賀達也, [深井朋樹](#) (2017) 順伝播型深層神経回路網における樹状突起の計算 Dendritic computing in deep feedforward neural networks. Neuroscience2017 第40回日本神経科学大会.

アンドレア ベヌッチ: Using Recurrent Neural Networks to Study Neural Computations in Cortical Networks

<雑誌論文>

- Lyamzin, D, *[Benucci A](#) (2019) The mouse posterior parietal cortex: Anatomy and functions. **Neuroscience Research**, 140, 14-22. (reviewed)
- Aoki R, Tsubota T, Goya Y, *[Benucci A](#) (2017) An automated platform for high-throughput mouse behavior and physiology with voluntary head-fixation. **Nature Communications**, 8, 1, 1196. (reviewed)
- <学会発表等>
- *[Zoccolan D](#), [Benucci A](#) (2019) Studying visual processing in rodents: where a decade of research has taken us and what is waiting ahead. **CoSyNe 2019**.
- *[Benucci A](#) (2019) Local and global contribution to hemodynamic activity in the mouse cortex. Neurovascular Unit Workshop.
- Aoki R, *[Benucci A](#) (2018) In vivo quantification of single-cell targeted optogenetic stimulation with a digital micro-mirror device. Neuroscience 2018.
- *[Benucci A](#) (2018) Stability and Plasticity of Visual Representations in the Mouse Cortex. Invited talk, University of Zurich and ETH Zurich.
- *[Benucci A](#), Sussillo D (2018) RNNs: What are we doing and why? **CoSyNe 2018**.
- *[Benucci A](#) (2017) Sensory Representation Plasticity Driven by Single Neurons in the Mouse Cortex. invited talk, University of California San Francisco.
- Tsubota T, *[Benucci A](#) (2017) Plasticity for stimulus selectivity in the visual cortex of adult mice induced by patterned optogenetic stimulation. Neuroscience 2017.
- *[Benucci A](#) (2017) Plasticity for stimulus selectivity in the visual cortex of adult mice induced by patterned optogenetic stimulation. Asia Pacific Conference on Vision.
- *[Benucci A](#) (2018) Sensory Representation Plasticity Driven by Patterned Optogenetic Stimulation in the Mouse Cortex. Japan Neuroscience meeting.

<アウトリーチ等>

- [Benucci A](#) (Lauren Davis) (2017) When the cat's away, the mice will train. Lab+Life Scientist.
- [Benucci A](#) (RIKEN press) (2017) Moving neuroscience into the fast lane. RIKEN .
- [Benucci A](#) (RIKEN press) (2017) Moving neuroscience into the fast lane. MedicalXpress.
- [Benucci A](#) (RIKEN press) (2017) Moving neuroscience into the fast lane. Science Newswire.
- [Benucci A](#) (RIKEN press) (2017) Moving neuroscience into the fast lane. ALN magazine.
- [Benucci A](#) (RIKEN press) (2017) Moving neuroscience into the fast lane. EurekAlert.
- [Benucci A](#) (2018) Integration of AI and Brain Science . RIKEN open day . 一般向け講演会・セミナー
- [Benucci A](#) (Amanda alvarez) (2017) Industry-academia collaboration builds the brain science assembly line. Neurographic Blog (medium.com)
- [Benucci A](#) (BSI Youth) (2017) High-throughput platform for training mouse behavior. YouTube

平山 淳一郎: 積層独立成分分析の深化と脳科学応用

<雑誌論文>

*Takagi Y, Hirayama J, Tanaka S (2019) State-unspecific patterns of whole-brain functional connectivity from resting and multiple task states predict stable individual traits. **NeuroImage**, 201, 116036.

<学会発表等>

*Tamano R, Ogawa T, Hiroe N, Hirayama J, Kawanabe M (2019) Predicting schizophrenia-related functional connectivity from EEG using SPLICE filter: a statistical analysis with resting-state EEG-fMRI data. Real-time Functional Imaging and Neurofeedback Conference (**rtFIN2019**).

*Hirayama J (2019) Interpretable multivariate analysis of individual variability in whole-brain functional connectivity. International Workshop on Neurotechnology & AI.

*Ogawa T, Moriya H, Hiroe N, Yamada T, Kawanabe M, Hirayama J (2019) Network extraction method using hierarchical ICA-based approach: a simultaneous EEG-fMRI study. Organization of Human Brain Mapping (**OHBM2019**).

*Ogawa T, Moriya H, Hiroe N, Yamada T, Kawanabe M, Hirayama J (2018) Extraction of EEG network components by using stacked pooling and linear components estimation. The 21st International Conference on Biomagnetism (**BIOMAG2018**).

*Hirayama J, Ogawa T, Moriya H, Hyvärinen A, Kawanabe M (2017) Exploring EEG source resting-state networks by SPLICE: A simultaneous fMRI study. Real-time Functional Imaging and Neurofeedback Conference (**rtFIN2017**).

*Ogawa T, Moriya H, Yamada T, Kawanabe M, Hirayama J (2017) Prediction of resting state fMRI signatures from EEG signal: a study of EEG-fMRI simultaneous recording. Real-time Functional Imaging and Neurofeedback Conference (**rtFIN2017**).

*Moriya H, Ogawa T, Kawanabe M, Hirayama J (2017) Predictability of amygdala BOLD signal from multiple-electrode EEGs. Real-time Functional Imaging and Neurofeedback Conference (**rtFIN2017**).

*小川剛史, 守谷大樹, 廣江総雄, 山田貴志, 川鍋一晃, 平山淳一郎 (2019) EEG-fMRI 同時計測データを用いた SPLICE フィルターによる大規模ネットワークの推定. 第 42 回日本神経科学大会.

*小川剛史, 守谷大樹, 山田貴志, 川鍋一晃, 平山淳一郎 (2018) EEG 信号のネットワーク成分抽出法: SPLICE を用いたデータ駆動的アプローチ. 第 41 回日本神経科学大会.

*高木優, 平山淳一郎, 田中沙織 (2018) 状態非依存的な全脳ネットワークは知性と人生の成果を予測する. 第 41 回日本神経科学大会.

*平山淳一郎, Hyvärinen A, 小川剛史, 守谷大樹, 川鍋一晃 (2017) 積層独立成分分析(SPLICE)による神経科学データ解析. 第 27 回日本神経回路学会全国大会(**JNNS2017**).

<知的財産権>

平山淳一郎, 小川剛史, 守谷大樹 (2017) 脳内ネットワークの活動推定システム, 脳内ネットワークの活動推定方法, 脳内ネットワークの活動推定プログラム, および, 学習済み脳活動推定モデル. 特許出願 特願 2017-227094"

宇賀 貴紀: 前頭前野活動の網羅的計測と情報表現解読法の開発

<学会発表等>

Uka T (2017) Neural mechanism of flexible sensory decision making. The 12th Biennial Conference of Chinese Neuroscience Society.

熊野弘紀, 川寄圭祐, 鈴木隆文, 長谷川功, *宇賀貴紀 (2019) タスクスイッチ中のサル前頭前野情報表現の解読. 第 42 回日本神経科学大会.

小松 三佐子: 予測の神経基盤: 全脳皮質脳波における時空間構造

<雑誌論文>

Canales-Johnson A, Teixeira Borges AF, Komatsu M, Fujii N, Fahrenfort JJ, Miller KJ, Noreika V (2021). Broadband Dynamics Rather than Frequency-Specific Rhythms Underlie Prediction Error in the Primate Auditory Cortex. **Journal of Neuroscience**, 41, 9374-9391. (reviewed)

Nakamura K, Komatsu M (2019) Information seeking mechanism of neural populations in the lateral prefrontal cortex. **Brain Research**, 1707, 79-89. (reviewed)

*Komatsu M, Kaneko T, Okano H, Ichinohe N (2019) Chronic Implantation of Whole-cortical Electrographic Array in the Common Marmoset. **Journal of visualized experiments: JoVE**, 144. (reviewed)

Hwang J, Kim J, Ahmadi A, Choi M, *Tani J (2018) Dealing with Large-Scale Spatio-Temporal Patterns in Imitative Interaction between a Robot and a Human by Using the Predictive Coding Framework. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, 50, 5, 1918-1931. (reviewed)

- Choi M, *Tani J (2018) Predictive Coding for Dynamic Visual Processing: Development of Functional Hierarchy in a Multiple Spatio-Temporal Scales RNN Model. **Neural Computation**, 30, 1, 237-270. (reviewed)
- *Komatsu M, Sugano E, Tomita H, *Fujii N (2017) A chronically implantable bidirectional neural interface for non-human primates. **Frontiers in neuroscience**, 11, 514. (reviewed)
- <学会発表等>
- Komatsu M (2019) Cortical information dynamics: Large-scale electrocorticography in common marmosets. German-Japanese Workshop on New Directions in System Neuroscience. invited
- Komatsu M, Ichinohe N (2018) Predictive coding on auditory processing: spatio-temporal structure of signal flow in whole-cortical electrocorticograms. Neuroscience 2018.
- Nakamura K, Komatsu M (2018) Neural mechanism for information seeking in monkey prefrontal cortex. Neuroscience 2018.
- Kaneko T, Komatsu M, Ichinohe N, Okano H (2018) Neural dynamics of recurrent active vision. Neuroscience 2018.
- Ichinohe N, Komatsu M (2018) Mismatch negativity as a translatable biomarker bridging a gap between animal model and human disease. The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Nakamura K, Komatsu M (2018) The value of information encoded by neural populations of prefrontal cortex during information seeking. The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Komatsu M, Ichinohe N (2018) Effects of ketamine administrations on frequency and duration mismatch activity in common marmosets. The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Komatsu M (2018) Effects of ketamine administrations on frequency and duration mismatch activity in common marmosets with whole-cortical electrocorticograms. the 8th Mismatch Negativity conference.
- Komatsu M, Ichinohe N (2017) An anesthetic dose of ketamine disrupts mismatch activity in common marmosets. Neuroscience 2017.
- Kurotani T, Tani T, Sakai K, Kitamura N, Abe H, Komatsu M, Ichinohe N (2017) Intrinsic functional connectivity in cortical area 24 of the common marmoset investigated by optical mapping. The 40nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Komatsu M, Sugano E, Ichinohe N, Tomita H, Fujii N (2017) Whole-cortical recordings reveal spreading photo-stimulation effects: A optogenetics study in marmosets. The 40nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Yoshida M, Kaneko T, Komatsu M, Okano H, Ichinohe N (2019) Visual mismatch negativity measured from whole-cortical electrocorticographic arrays in common marmosets. 第8回日本マーモセット研究会大会.
- Kaneko T, Komatsu M, Ichinohe N, Okano H (2019) Wide range cortical interaction during active visual exploration revealed by a whole hemisphere ECoG recording. 第8回日本マーモセット研究会大会.
- Komatsu M (2018) Cortical Information Flow for Auditory Information Processing in Marmosets. Next-generation Brain Symposium.
- Kaneko T, Komatsu M, Ichinohe N, Okano H (2018) Neural dynamics of recurrent active vision. 第2回ヒト脳イメージング研究会.

<A02 運動と行動 計画研究>

A02-1 森本淳：自己と他者の動作データからの内部モデルの構築と行動則の獲得

<雑誌論文>

- *Furukawa J, Morimoto J (2021) Composing an assistive control strategy based on linear bellman combination from estimated user's motor goal. **IEEE Robotics and Automation Letters**, 6, 2, 1051 - 1058. (reviewed)
- *Teramae T, Matsubara T, Noda T, Morimoto J (2020) Quaternion-based trajectory optimization of human postures for inducing target muscle activation patterns. **IEEE Robotics and Automation Letters**, 5, 4, 6607-6614. (reviewed)
- Maeda G, Koc O, *Morimoto J (2020) Phase portraits as movement primitives for fast humanoid robot control. **Neural Networks**, 129, 109-122. (reviewed)
- *Pahic P, Ridge B, Gams A, Morimoto J, Ude A (2020) Training of deep neural networks for the generation of dynamics movement primitives. **Neural Networks**, 127, 121-131. (reviewed)
- *Ishihara K, Itoh TD, Morimoto J (2019) Full-body optimal control toward versatile and agile behaviors in a humanoid robot. **IEEE Robotics and Automation Letters**, 5, 1, 119-126. (reviewed)
- *Hamaya M, Matsubara T, Teramae T, Noda T, Morimoto J (2019) Design of physical user-robot interactions for model identification of soft actuators on exoskeleton robots. **International Journal of Robotics Research**, 1-14. (reviewed)
- *Petric T, Peternel L, Morimoto J, Babic J (2019) Assistive arm-exoskeleton control based on human muscular manipulability. **Frontiers in Neurorobotics**, 13, 30. (reviewed)

- *Ugurlu B, Forni P, Doppmann C, Sariyiliz E, Morimoto J (2019) Stable control of force, position, and stiffness for robot joints powered via pneumatic muscles. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, 15, 12, 6270-6279. (reviewed)
- Teramae T, Ishihara K, Babic J, Morimoto J, *Oztop E (2018) Human-in-the-loop control and task learning for pneumatically actuated muscle based robots. **Frontiers in Neurobotics**, 12, 71. (reviewed)
- *Ishihara K, Morimoto J (2018) An optimal control strategy for hybrid actuator systems: application to an artificial muscle with electric motor assist. **Neural Networks**, 99, 99-100. (reviewed)
- *Morimoto J (2017) Soft humanoid motor learning. **Science Robotics**, 2, 13, eaaq0989. (reviewed)
- *Gaspar T, Nemeč B, Morimoto J, Ude A (2017) Skill learning and action recognition by arc-length dynamic movement primitives. **Robotics and Autonomous Systems**, 100, 225-235. (reviewed)
- *Hamaya M, Matsubara T, Noda T, Teramae T, Morimoto J (2017) Learning assistive strategies for exoskeleton robots from user-robot physical interaction. **Pattern Recognition Letters**, 99, 67-76. (reviewed)
- *Teramae T, Noda T, Morimoto J (2017) EMG-based model predictive control for physical human-robot interaction: Application for assist-as-needed control. **IEEE Robotics and Automation Letters**, 3, 1, 210-217. (reviewed)
- *Furukawa J, Noda T, Teramae T, Morimoto J (2017) Human movement modeling to detect bio-signal sensor failures for myoelectric assistive robot control. **IEEE Transaction on Robotics**, 33, 4, 846-857. (reviewed)
- *濱屋政志, 松原崇充, 森本淳 (2018) 外骨格ロボットに搭載された空圧人工筋の協調同定 -ガウス過程に基づく能動学習の アプローチ . システム制御情報学会論文誌 , 62, 10, 423-428. (reviewed & invited)
- *森本淳 (2018) ヒト動作の模倣によるヒト型ロボット動作学習. 生体の科学, 69, 1, 51-53. (invited)
<学会発表等>
- *Ishihara K, Morimoto J (2020) MPC for humanoid control. Robotics: Science and Systems (**RSS2020**) Workshop.
- *Morimoto J (2019) Motor learning algorithms. Skolkovo Robotics 2019.
- *Barry Ridge, Pahic R, Ude A, Morimoto J (2019) Convolutional encoder-decoder networks for robust image-to-motion prediction. 28th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (**RAAD2019**).
- *Ridge B, Pahic R, Ude A, Morimoto J (2019) Learning to write anywhere with spatial transformer image-to-motion encoder-decoder networks. IEEE International Conference on Robotics and Automation (**ICRA2019**).
- *Hamaya M, Matsubara T, Furukawa J, Sun Y, Yagi S, Teramae T, Noda T, Morimoto J (2019) Exploiting human and robot muscle synergies for human-in-the-loop optimization of EMG-based assistive strategies. IEEE International Conference on Robotics and Automation (**ICRA2019**).
- *Furukawa J, Morimoto J (2018) A data-driven approach for estimating human behavior with collaborative filtering. Joint workshop of UCL-ICN, NTT, UCL-Gatsby, and AIBS.
- *Morimoto J (2018) Humanoid motor learning from observed human behaviors. Joint Workshop of UCL-ICN, NTT, UCL-Gatsby, and AIBS .
- *Maeda G, Koc O, Morimoto J (2018) Reinforcement learning of phase oscillators for fast adaptation to moving targets. Conference on Robot Learning (**CoRL2018**)/Proceedings of Machine Learning Research(Web) .
- * Gordon DFN, Matsubara T, Noda T, Teramae T, Morimoto J, Vijayakumar S (2018) Bayesian optimisation of exoskeleton design parameters. 7th IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (**BioRob 2018**) .
- *Pahic R, Gams A, Ude A, Morimoto J (2018) Deep encoder-decoder networks for mapping raw images to dynamic movement primitives. IEEE International Conference on Robotics and Automation (**ICRA2018**).
- *Morimoto J (2018) Learning assistive strategies for BMI exoskeleton robots. 2018 Brain and AI Symposium.
- Furukawa J, Takai A, Morimoto J (2017) Database-driven approach for biosignal-based robot control with collaborative filtering . IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (**Humanoids2017**).
- *Hamaya M, Matsubara T, Noda T, Teramae T, Morimoto J (2017) User-robot collaborative excitation for PAM model identification in exoskeleton robots. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (**IROS2017**).
- *Ishihara K, Furukawa J, Morimoto J (2017) A forward and inverse optimal control framework to generate humanoid robot movements with hierarchical MPC . 3rd Multidisciplinary Conference on Reinforcement Learning and Decision Making (**RLDM2017**).
- *Hamaya M, Matsubara T, Noda T, Teramae T, Morimoto J (2017) Learning task-parametrized assistive strategies for exoskeleton robots by multi-task reinforcement learning. IEEE International Conference on Robotics and Automation (**ICRA2017**).
- *Pahic R, Babic J, Petric T, Peternel L, Morimoto J (2017) Power-augmentation control approach for arm exoskeleton based on human muscular manipulability. IEEE International Conference on Robotics and Automation (**ICRA2017**).
- *Morimoto J (2017) Motor learning methods for humanoid control. Gatsby-Kakenhi Joint Workshop on AI and Neuroscience.

- *Ishihara K, Morimoto J (2016) A hierarchical model predictive control approach to generate biped robot movements in real-time. IEEE International Conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (**SIMPAR2016**) Workshop.
- *石原弘二 (2020) 階層モデルを用いた人型ロボットの運動生成. 異分野融合ワークショップ「脳型情報処理によるロボットラーニングの技術革新」.
- *森本淳 (2019) Brain-inspired humanoid motor learning. ATR BICR Symposium.
- *森本淳 (2019) 状態予測に基づくロボットの階層的な運動制御. 第13回 Motor Control 研究会.
- 石原弘二 (2019) 人型ロボットの階層的な全身運動制御. 第9回 脳型人工知能とその応用ミニワークショップ.
- *Morimoto J (2019) Model-based approaches to humanoid motor learning. 5th CiNet Conference, Computation and Representation in Brains and Machines.
- *濱屋政志, 松原崇充, 古川淳一郎, 孫雨庭, 八木聡明, 寺前達也, 野田智之, 森本淳 (2018) ユーザ嗜好に基づくEMGを用いた運動支援制御器のベイズ最適化. 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2018).
- *森本淳 (2017) ヒト型ロボットの運動学習とヒトの運動支援戦略. 難環境作業スマート機械技術研究センター第4回シンポジウム.
- *森本淳 (2016) ヒューマノイドロボットの運動学習. 第16回 K フォーラム ざっくばらんフォーラム「情報学からの価値創造」.
- <アウトリーチ等>
- *森本淳 (2019) 脳とAIとロボットの学習. ATR オープンハウス 2019 講演会. invited, 一般向け講演会
- *森本淳 (2017) 強化学習の基礎と応用. 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」若手サマースクール. invited, 一般向け講演会
- *森本淳 (2018) ロボット制御のための運動学習. 応用脳科学コンソーシアム「計算神経科学ワークショップ」. invited, 一般向け講演会
- *森本淳 (2018) ロボットの運動学習とその困難さ. SHIBUYA SYNAPSE 第3回「現在の強化学習に何が足りないのか?」. invited, 一般向け講演会
- *森本淳 (2018) ヒューマノイドロボットのための人工知能. 2018「脳科学と人工知能」. invited, 高校生向け講演会
- *森本淳 (2017) 強化学習の基礎とロボット応用. 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」若手サマースクール. invited, 一般向け講演会

A02-2 五味裕章：潜在的運動における学習適応メカニズムの解明と計算モデル構築の研究

<雑誌論文>

- Nakamura D, *Gomi H (2023) Decoding self-motion from visual image sequence predicts distinctive features of reflexive motor responses to visual motion. **Neural Networks**, 162, 516-530. (open access: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2023.03.020>.)"
- Abekawa N, Doya K, *Gomi H (2023) Body and visual instabilities functionally modulate implicit reaching corrections. **iScience**, 26, 1, 105751.
- *Ito S, Kimura T, Gomi H (2022) Attribution of sensory prediction error to perception of muscle fatigue. **Scientific Reports**, 12, 1, 16708. (<https://www.nature.com/articles/s41598-022-20765-9>)
- *De Havas J, Ito S, Bestmann S, Gomi H (2022) Neural dynamics of illusory tactile pulling sensations. **iScience**, 25, 9, 105018. (<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2589004222012901>)
- *Abekawa N, Ito S, Gomi H (2022) Gaze-specific motor memories for hand-reaching. **Current Biology**, S0960982222007011. (open access: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.065>)
- *Takamuku S, Gomi H (2022) Vision-based speedometer regulates human walking. **iScience**, 24, 12, 103390. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004221013614>)
- Friston K, Moran RJ, Nagai Y, Taniguchi T, Gomi H, Tenenbaum J (2021) World model learning and inference. **Neural Networks** 144:573–590.
- Macpherson T, Matsumoto M, Gomi H, Morimoto J, Uchibe E, Hikida T (2021) Parallel and hierarchical neural mechanisms for adaptive and predictive behavioral control. **Neural Networks** 144:507–521.
- Abekawa N, Diedrichsen J, *Gomi H (2021) Gaze control during reaching is flexibly modulated to optimize task outcome. **Journal of Neurophysiology**, 126, 3, 816-826. (<https://journals.physiology.org/doi/10.1152/jn.00134.2021>)
- *Takamuku S, Ohta H, Kanai C, Hamilton AF de C, Gomi H (2020) Seeing motion of controlled object improves grip timing in adults with autism spectrum condition: evidence for use of inverse dynamics in motor control. 2021. **Experimental Brain Research**, 2021, 239.

- *Arslanova I, Wang K, Gomi H, Haggard P (2020) Somatosensory evoked potentials that index lateral inhibition are modulated according to the mode of perceptual processing: comparing or combining multi-digit tactile motion. **Cognitive Neuroscience**, 2020.
- *De Havas J, Ito S, Gomi H (2020) On Stopping Voluntary Muscle Relaxations and Contractions: Evidence for Shared Control Mechanisms and Muscle State-Specific Active Breaking. **The Journal of Neuroscience**, 2020, 40, 31.
- Ito S, Gomi H (2020) Visually-updated hand state estimates modulate the proprioceptive reflex independently of motor task requirements. (open access: <https://doi.org/10.7554/eLife.52380>)
- Takamuku S, Gomi H (2019) Better grip force control by attending to the controlled object: Evidence for direct force estimation from visual motion. **Scientific Reports**, 9, 13114.
(open access: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49359-8>)
- Ueda H, Abekawa N, Ito S, Gomi H (2019) Distinct temporal developments of visual motion and position representations for multi-stream visuomotor coordination. **Scientific Reports**, 9, 12104.
(open access: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48535-0>)
- Ueda H, Abekawa N, Gomi H (2018) The faster you decide, the more accurate localization is possible: Position representation of curveball illusion in perception and eye movements. **PLoS ONE**, 13, 8, e0201610.
(open access: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201610>)
- De Havas J, Ito S, Haggard P, Gomi H (2018) Low gain servo control during the Kohnstamm phenomenon reveals dissociation between low-level control mechanisms for involuntary versus voluntary arm movements. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, 12, 113
- Takamuku S, Forbes PAG, Hamilton AF de C, Gomi H (2018) Typical use of inverse dynamics in perceiving motion in autistic adults: Exploring computational principles of perception and action. **Autism Research**.
- *Abekawa N, Ferre ER, Gallagher M, Gomi H, Haggard P (2017) Disentangling the visual, motor and representational effects of vestibular input. **Cortex**, 2018, 104.
- <学会発表等>
- Abekawa N, Gomi H (2021) Static and dynamic gaze states are separately linked with motor learning of reaching movements. **Neuroscience 2021**.
- De Havas J, Ito S, Bestmann S, Gomi H (2021) Parietal contributions to illusory tactile pulling sensations. **Neuroscience 2021**.
- Gomi H, Abekawa N, Doya K (2021) Bayesian visuomotor-reflex modulation by remote state instabilities. **Neuroscience 2021**.
- *Gomi H, Abekawa N (2021) Postural instability context implicitly enhances visually-induced reflexive reaching control without explicit assistance of voluntary action. Neural Control of Movement 2021. (**NCM2021**).
- *De Havas J, Ito S, Gomi H (2020) Brain responses to tactile oddballs are modulated by illusory pulling direction. Federation of European Neuroscience Societies Forum. (**FEN2020**).
- *Abekawa N, Gomi H (2019) Learning and retrieving motor memories depending on gaze-reach coordination. Neuroscience2019. (**SfN2019**)
- *Gomi H, Nakamura D (2019) Synthetic modeling of human visual motion analysis for generating quick ocular and manual responses. Neuroscience2019. (**SfN2019**).
- *Ito S, Gomi H (2019) Online modulation of proprioceptive reflex gain depending on uncertainty in multisensory state estimation. Neuroscience2019. (**SfN2019**).
- *Ueda H, Abekawa N, Ito S, Gomi H (2019) Distinct temporal frequency-dependent modulations of direct and indirect visual motion effects on reaching adjustments. Neuroscience2019. (**SfN2019**).
- *Abekawa N, Ito S, Gomi H(2019) Different learning and generalization for reaching movements in foveal and peripheral vision. Motor Learning and Motor Control 2019 (**MLMC 2019**).
- *Gomi H, Abekawa N (2019) Decomposition of manual and ocular following responses into the direct and interaction components. European Conference on Visual Perception (**ECVP2019**).
- *Abekawa N, Gomi H (2019) Multiple motor memories depending on foveal and peripheral reaching. Neural Control of Movement 2019. (**NCM2019**).
- *De Havas J, Ito S, Gomi H (2019) The inhibition of voluntary muscle relaxations depends on similar mechanisms to the inhibition of muscle contractions. Neural Control of Movement 2019. (**NCM2019**).
- Nakamura D, * Gomi H (2019) Spatiotemporal tuning of ocular following response can be acquired by statistical machine learning of visual images during daily self-movements. Neural Control of Movement 2019. (**NCM2019**).
- *Takamuku S, Ohta H, Kanai C, Gomi H (2019) Visual feedback of object motion improves grip control but disrupts arm control in adults with ASC. Neural Control of Movement 2019. (**NCM2019**).
- *Gomi H (2019) Predictive setup of implicit sensorimotor processing according to tasks and environments. Neural Control of Movement 2019. (**NCM2019**).

- *Gomi H (2018) Contribution of internal models on sensorimotor control. The 75th Fujihara Seminar “The Cerebellum as a CNS hub; from its evolution to therapeutic strategies”.
- *Abekawa N, Gomi H (2018) Different eye-hand coordination forms distinct motor memories in visuomotor adaptation. Neuroscience2018. (SfN2018).
- *De Havas J, Ito S, Gomi H (2018) The inhibition of voluntary muscle relaxations depends on similar mechanisms to the inhibition of muscle contractions. Neuroscience2018. (SfN2018).
- *Abekawa N, Gomi H (2018) Difference in eye-hand coordination forms distinct motor memories in implicit visuomotor adaptation. In: JNNS Satellite Workshop. Joint workshop “Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour” (JNNS2018 satellite).
- *De Havas J, Ito S, Gomi H (2018) Does the inhibition of voluntary muscle relaxations depend on similar mechanisms to the inhibition of muscle contractions?. Joint workshop “Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour” (JNNS2018 satellite).
- *Ito S, Gomi H (2018) Multimodal contribution to body state representation for generating proprioceptive reflexes. Joint workshop “Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour” (JNNS2018 satellite).
- *Nakamura D, Gomi H (2018) Statistical analysis of optic flow induced by body motion characterizing OFR and MFR. Joint workshop “Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour” (JNNS2018 satellite).
- *Takamuku S, Gomi H (2018) Low sensitivities of walking speed adjustment and self-motion velocity perception to dense optic flow. Joint workshop “Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour” (JNNS2018 satellite).
- *Gomi H, Nakamura D (2018) Specificities of manual and ocular following responses and natural statistics of optic flow induced by body movements. The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society. 2018.
- *Gomi H (2018) Output Modality Dependent Visual Motion Analysis in the Brain. Brain and AI symposium by Korea Society of Brain and Nerve. 2018.
- Abekawa N, Gomi H (2017) Modulation difference in visuomotor responses in implicit and explicit motor tasks depending on postural stability. Annual Meeting of the Society for Neuroscience (2017/11/11-15).
- Ito S, Gomi H (2017) Rotated visual feedback of self-movement affects long-latency stretch reflex. Annual Meeting of the Society for Neuroscience (2017/11/11-15).
- Takamuku S, Abekawa N, Gomi H (2017) Automatic adjustment of walking speed by optic flow benefits from binocular vision. Annual Meeting of the Society for Neuroscience (2017/11/11-15).
- Ueda H, Abekawa N, Gomi H (2017) Temporal development of an interaction effect between internal motion and contour signals of drifting target on reaching adjustment. Annual Meeting of the Society for Neuroscience (2017/11/11-15).
- 五味裕章 (2021) 潜在感覚運動の内部状態表現と調節. 第15回 Motor Control 研究会.
- *中村大樹, 五味裕章 (2021) ヒトは視覚運動から自己運動を抽出するためにどのような情報を使うか? ~ 機械学習による統計的関係性の記述と内部表現の評価. 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会.
- *伊藤翔, 五味裕章 (2020) 伸張反射は多感覚統合を介した身体状態の不確かさに応じて調整される. The 30th Annual Meeting of the Japan Neural Network Society. JNNS; 2020. p. 86–7.
- *Gomi H, Abekawa N (2020) Functional roles of visual motion for hand reaching movement - New lines of evidence dissociate posture related and target related responses. The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- *Nakamura D, Gomi H (2020) Spatiotemporal processing of visual motion for generating quick ocular and manual responses examined by convolutional neural network. The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- *Takemura A, Abekawa N, Nakamura D, Gomi H (2020) Deficits in short-latency manual responses after chemical lesions in monkey cortical area MST. The 30th Annual Meeting of the Japan Neural Network Society.
- *Takemura A, Nakamura D, Abekawa N, Gomi H (2020) Effects of cerebral/cerebellum lesions on short-latency manual responses in monkeys. The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- *Nakamura D, Gomi H (2019) What kind of analysis can be obtained by CNN from the statistical relationship between sequential images and self-motion? 第29回日本神経回路学会大会 全国大会. 2019.
- *上田大志, 伊藤翔, 安部川直稔, 五味裕章 (2019) 2つの視覚運動応答の時間周波数特性が示す視覚運動情報処理のメカニズム. 第13回モーターコントロール研究会. 2019.
- *Takamuku S, Gomi H, Ohta H, Kanai C (2019) Grip force and hand movement with spring-mass-damper dynamics in adults with ASC. 第19回脳と心のメカニズムワークショップ. 2019.
- *中村大樹, 五味裕章 (2019) 視覚性運動応答の統計的性質は機械学習で再現できるか?. 第19回脳と心のメカニズムワークショップ. 2019.

- *高椋慎也, 五味裕章 (2019) Grip force and hand movement with spring-mass-damper dynamics in adults with ASC. 第 19 回脳と心のメカニズムワークショップ. 2019.
- *De Havas J, Ito S, Gomi H (2018) The inhibition of voluntary muscle relaxations depends on similar mechanisms to the inhibition of muscle contractions. 第 12 回モーターコントロール研究会. 2018.
- *竹村文, 安部川直稔, 五味裕章 (2018) マカサルにおける MST 野不活化による短潜時腕応答への影響. 日本視覚学会 2018 年夏季大会. 筑波; 2018.
- Takamuku S, Gomi H (2018) Constancy of walking speed adjustment based on optic flow depends on monocular and binocular depth cues. 第 17 回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ.
- *Gomi H (2018) Implicit visuomotor control and its effect on self-awareness. Workshop on mechanism of brain and mind. 2018.
- *安部川直稔, 五味裕章 (2018) Vestibular contribution to egocentric body representation. 第 18 回脳と心のメカニズムワークショップ. 2018.
- *高椋慎也, 五味裕章 (2018) Constancy of walking speed adjustment based on optic flow. 第 18 回脳と心のメカニズムワークショップ. 2018.
- *Takemura A, Abekawa N, Gomi H (2018) Effects of lesions in the Medial Superior Temporal (MST) Area on shortlatency manual following responses (MFR) of monkeys. 第 18 回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ.
- Ueda H, Abekawa N, Gomi H (2018) Temporal integration of sensory evidence for position representation of a moving object containing motion signal in perceptual and motor decision making. The 44th Naito Conference.
- 高椋慎也, 永澤知幸, 五味裕章 (2017) オプティックフローによる歩行速度調節の恒常性. モーターコントロール研究会.
- 高椋慎也, 永澤知幸, 五味裕章 (2017) オプティックフローに基づく歩行速度調節は距離推定に依存する. 第 40 回 日本神経科学大会.
- 安部川直稔, 五味裕章 (2017) 姿勢環境に応じて修飾される反射性視覚腕応答第 40 回 日本神経科学大会. 第 40 回 日本神経科学大会.
- 伊藤翔, 五味裕章 (2017) Impact of adaptation to mirror-reversed visual feedback on modulation of long-latency stretch reflex
. 第 40 回 日本神経科学大会."
- Ito S, Gomi H (2017) Impact of changes in visual feedback on long-latency stretch reflex during visually guided movement. 第 16 回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ.
- Takamuku S, Forbes P, Hamilton A, Gomi H (2017) Inverse dynamics computation in adults with autism – Examination based on perceptual biases. 第 16 回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ.
- <報道発表>
- Gomi H (NTT) (2022) 世界初, 腕運動学習と視線の関わりを解明～視線の向け方を考慮した効率的なスキル獲得への道筋～. excite ニュース.
- Gomi H (NTT) (2022) 世界初, 腕運動学習と視線の関わりを解明～視線の向け方を考慮した効率的なスキル獲得への道筋～. 朝日新聞デジタルマガジン.
- Gomi H (NTT) (2022) 腕運動学習と視線の関わりを解明. 日本経済新聞.
- Gomi H (NTT) (2020) NTT 脳の仕組みで新発見 伸張反射が視覚による身体情報に依存. 電経新聞.
- Gomi H (NTT) (2020) 運動を支える脳の仕組み「伸縮反射」調整に視覚による身体情報が関与, NTT の研究所が世界で初めて発見. 科学新聞.
- Gomi H (NTT) (2020) NTT, 運動中の伸張反射の調整と脳内情報処理の関連性を発見. WebMagazine AXIS.
- Gomi H (NTT) (2020) NTT, 脳の「伸張反射」が視覚による身体情報に依存して調整されることを発見. 日本経済新聞.
- Gomi H (NTT) (2020) NTT, 脳の「伸張反射」が視覚による身体情報に依存して調整されることを発見. 日経クロステック.
- Gomi H (NTT) (2020) Study shows how the brain balances sensory information to control muscle movement. News Medical.
- Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. eLife Press Release.
- Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. Scienc Daily.
- Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. Eurekalert.

Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. News Break.

Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. Agenparl.

Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. The better Parent.

Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. Bioengineering facebook.

Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. 365newsx.

Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. into.ai.

Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. BrightSurf.

Gomi H (NTT) (2020) Visual feedback enhances activation of muscle movement in response to bodily sensation. NewsLocker.

<受賞>

五味裕章 (2017) 電子情報通信学会 フェロー.

安部川直稔 (2018) Different spatial eye-hand coordination forms distinct motor memories in implicit visuomotor adaptation. 次世代脳プロジェクト冬のシンポジウム 2018 若手優秀発表賞.

<アウトリーチ等>

*五味裕章 (2020) 挑戦する研究者 多面的に考えて、自らが楽しくなるように発想転換。自分だけでなく、社会を楽しませようとする。NTT 技術ジャーナル.

*伊藤翔, 五味裕章 (2020) AI と脳科学であなたをもっと知る——人に迫り人を究めるコミュニケーション科学 巧みで素早い運動を支える脳内情報処理——視覚的な身体情報による伸張反射の調整. NTT 技術ジャーナル.

五味裕章 (2020) 意識より賢い無意識 ~環境に応じた顕在・潜在的視覚運動応答の調節. NTT コミュニケーション科学基礎研究所オープンハウス 2020.

五味裕章 (2020) 巧みで素早い運動を支える脳の中の身体表現 ~手の位置推定の不確かさは伸張反射を調節する. NTT コミュニケーション科学基礎研究所オープンハウス 2020.

五味裕章 (2019) 身体が“見る”実世界の動きとは? ~自然統計で紐解く視覚運動制御の秘密~. NTT コミュニケーション科学基礎研究所オープンハウス 2019.

A02-3 松本正幸：報酬と注意の情報処理に関与するドーパミン神経回路機構

<雑誌論文>

Langdon A, Botvinick M, Nakahara H, Tanaka K, Matsumoto M, *Kanai R (2022) Meta-learning, social cognition and consciousness in brains and machines. **Neural Networks**, 145, 80-89. (reviewed)

Macpherson T, Matsumoto M, Gomi H, Morimoto J, Uchibe E, *Hikida T (2021) Parallel and hierarchical neural mechanisms for adaptive and predictive behavioral control. **Neural Networks**, 144, 507-521. (reviewed)

Yun M, Nejime M, *Matsumoto M (2021) Single-unit Recording in Awake Behaving Non-human Primates. **Bio-Protocol**, 11, 8, e3987. (reviewed)

Wang Y, Toyoshima O, Kunitatsu J, Yamada H, *Matsumoto M (2021) Tonic firing mode of midbrain dopamine neurons continuously tracks reward values changing moment-by-moment. **Elife**, 10, e63166. (reviewed)

*Yamada H, Imaizumi Y, Matsumoto M (2021) Neural population dynamics underlying expected value computation. **Journal of Neuroscience**, 41, 1684-1698. (reviewed)

Yun M, Kawai T, Nejime M, Yamada H, *Matsumoto M (2020) Signal dynamics of midbrain dopamine neurons during economic decision-making in monkeys. **Science Advances**, 6, eaba4962. (reviewed)

Kawai T, Yamada H, Sato N, Takada M, *Matsumoto M (2019) Preferential representation of past outcome information and future choice behavior by putative inhibitory interneurons rather than putative pyramidal neurons in the primate dorsal anterior cingulate cortex. **Cerebral Cortex**, 29, 2339-2352. (reviewed)

*Matsumoto M, Inoue K, Takada M (2018) Causal Role of Neural Signals Transmitted From the Frontal Eye Field to the Superior Colliculus in Saccade Generation. **Frontiers in Neural Circuits**, 12, 69. (reviewed)"

Ogasawara T, Nejime M, *Takada M, *Matsumoto M, (2018) Primate nigrostriatal dopamine system regulates saccadic response inhibition. **Neuron**, 100, 1513-1526. (reviewed)

<学会発表等>

- *Matsumoto M (2019) Dynamics of dopamine neuron activity represents value-to-choice transformation in monkeys performing an economic decisionmaking task. International Symposium on Biology of Decision Making.
- *Matsumoto M (2019) Value-to-choice signal transformation in midbrain dopamine neurons and orbitofrontal neurons during economic decision-making in monkeys. Fourth Quadrennial Meeting on OFC Function.
- Yun M, Kawai T, Nejime M, Yamada H, *Matsumoto M (2019) Signal dynamics corresponding to value-to-choice transformation in midbrain dopamine neurons and orbitofrontal neurons during economic decision-making in monkeys. Society for Neuroscience.
- *Matsumoto M (2019) The diversity of dopamine signals in macaque monkeys. German Physiological Society.
- Yun M, Kawai T, Nejime M, Yamada H, *Matsumoto M (2018) Dynamics of neuronal signals in primate midbrain dopamine neurons and orbitofrontal cortex neurons during value-to-decision transformation. Society for Neuroscience.
- Takaya Ogasawara, Takada M, *Matsumoto M (2017) The nigrostriatal dopamine pathway transmits a stop signal during the performance of a saccadic countermanding task in monkeys. Society for Neuroscience.
- Nejime M, Yun M, Kawai T, Yamada H, *Matsumoto M (2020) Value and choice representations of the ventral striatum in monkeys performing an economic decision-making task. 第43回日本神経科学大会.
- Yawei Wang, Osamu Toyoshima, Jun Kunimatsu, Yamada H, *Matsumoto M (2020) Midbrain dopamine neurons monitor temporally changing reward values by gradually changing their activity. 第43回日本神経科学大会.
- Yun M, Kawai T, Nejime M, Yamada H, *Matsumoto M (2019) Signal dynamics of midbrain dopamine neurons and orbitofrontal cortex neurons corresponding to value-to-choice transformation during economic decision-making in monkeys. 第42回日本神経科学大会.
- 惲夢曦, 川合隆嗣, 禰占雅史, 山田洋, *松本正幸 (2018) 意思決定時におけるサル中脳ドーパミンニューロンと前頭眼窩ニューロンの報酬価値と選択行動の表現形式. 第41回日本神経科学大会.
- 豊島理, 王亜偉, 山田洋, *松本正幸 (2018) ダイナミックに変動する報酬価値をコードする線条体ニューロンの探索. 第41回日本神経科学大会.
- Takaya Ogasawara, Takada M, *Matsumoto M (2017) Primate dopamine neurons in the substantia nigra transmit a stop signal to the caudate nucleus during the performance of a saccadic countermanding task. 第40回日本神経科学大会.
- *Matsumoto M (2018) Role of the nigrostriatal dopamine system in response inhibition. 日本生理学会.
- *Matsumoto M (2017) Nigrostriatal dopamine signals regulate response inhibition. 第40回日本神経科学大会.
- *松本正幸 (2017) 黒質-線条体ドーパミン神経路が行動抑制に果たす役割. 日本生物学的精神医学会.

<受賞>

- 松本正幸 (2019) World Cultural Council 特別表彰 .
- 松本正幸 (2017) 茨城県科学技術振興財団 つくば奨励賞.
- 松本正幸 (2016) 日本学術振興会賞.

<報道発表>

- Matsumoto M (University of Tsukuba) (2020) Dopamine neurons mull over your options. MedicalXpress 他9件.
- 松本正幸 (筑波大学) (2018) 衝動的行動抑える仕組み. 日本経済新聞.

A02-4 疋田貴俊. : 報酬/目的指向行動の神経回路機構

<雑誌論文>

- *Nishioka T, Attachaiapanich S, Hamaguchi K, Lazarus M, de Kerchove d'Exaerde A, *Macpherson T, *Hikida T (2023) Error-related signaling in nucleus accumbens D2 receptor-expressing neurons guides inhibition-based choice behavior in mice. **Nature Communications**, 1, 2284, (reviewed)
- *Ozawa T+, Kaseda K+, Ichitani Y, Yamada K (2022) Caffeine facilitates extinction of auditory fear conditioning in rats. **Neuropsychopharmacology Reports**, 42, 4, 521-525. (reviewed)
- *Hamasaki Y, Pionnié-Dax N, Dorard G, Tajan N, Hikida T (2022) Preliminary study of the social withdrawal (hikikomori) spectrum in French adolescents: focusing on the differences in pathology and related factors compared with Japanese adolescents. **BMC Psychiatry**, 22, 1, 477. (reviewed)
- Aomine Y, Sakurai K, Macpherson T, Ozawa T, Miyamoto Y, Yoneda Y, Oka M, *Hikida T (2022) Importin $\alpha 3$ (KPNA3) deficiency augments effortful reward-seeking behavior in mice. **Frontiers in Neuroscience**, 16, 905991. (reviewed)
- *Macpherson T+, Kim JY+ and *Hikida T (2022) Nucleus accumbens core dopamine D2 receptor-expressing neurons control reversal learning but not set-shifting in behavioral flexibility in male mice. **Frontiers in Neuroscience**, 16, 885380. (reviewed)

- Uchida Y, *[Hikida T](#), *Yamashita Y (2022) Computational mechanisms of osmoregulation: a reinforcement learning model for sodium appetite. **Frontiers in Neuroscience**, 16, 857009. (reviewed)
- Umeda R, Teranishi H, Hada K, Shimizu N, Shiraishi H, Shaohong L, Shide M, Higa R, Shikano K, Shin T, Mimata H, [Hikida T](#), Hanada T, *Hanada R (2022) Vrk2 deficiency elicits aggressive behavior in female zebrafish. **Genes to Cells**, 27, 4, 254-265. (reviewed)
- Jaaro-Peled H, Kumar S, Hughes D, Sumitomo A, Kim S-H, Zoubovsky S, Hirota-Tsuyada Y, Zala D, Bruyere J, Katz B, Huang B, Flores R, Narayan S, Hou Z, Economides A, [Hikida T](#), Wetsel W, Deisseroth K, Mori S, Brandon N, Tanaka M, Ishizuka K, Houslay M, Saudou F, *Dzirasa K, *Sawa A, *Tomoda T (2022) Regulation of sensorimotor gating via Disc1/Huntingtin-mediated Bdnf transport in the cortico-striatal circuit. **Molecular Psychiatry**, 27, 3, 1805-1815. (reviewed)
- *Onitsuka T, Hirano Y, Nemoto K, Hashimoto N, Kushima I, Koshiyama D, Koeda M, Takahashi T, Noda Y, Matsumoto J, Miura K, Nakazawa T, [Hikida T](#), Kasai K, Ozaki N, *Hashimoto R (2022) Trends in big data analyses by multicenter collaborative translational research in psychiatry. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, 76, 1, 1-14. (reviewed)
- *Hirai S, Miwa H, Tanaka T, Toriumi K, Kunii Y, Shimbo H, Sakamoto T, Hino M, Izumi R, Nagaoka A, Yabe H, Nakamachi T, Shioda S, Dan T, Miyata T, Nishito Y, Suzuki K, Miyashita M, Tomoda T, [Hikida T](#), Horiuchi J, Itokawa M, Arai M, *Okado H (2021) High Sucrose Diets Contribute to Brain Angiopathy with Impaired Glucose Uptake, and Psychosis-related Higher Brain Dysfunctions in Mice. **Science Advances**, 7, 46, eabl6077. (reviewed)
- Sakurai K, Itou T, Morita M, Kasahara E, Moriyama T, Macpherson T, Ozawa T, Miyamoto Y, Yoneda Y, Sekiyama A, Oka M, *[Hikida T](#) (2021) Effects of Importin α 1/KPNA1 deficiency and adolescent social isolation stress on psychological disorder-related behaviors of mice. **PLoS ONE**, 16, 11, e0258364. (reviewed)
- Macpherson T, Churchland A, Sejnowski A, DiCarlo J, Kamitani Y, Takahashi H, *[Hikida T](#) (2021) Natural and Artificial Intelligence: a brief introduction to the interplay between AI and neuroscience research. **Neural Networks**, 144, 603-613. (reviewed)
- *Hamasaki Y, Pionnié-Dax N, Dorard G, Tajan N, [Hikida T](#) (2021) Identifying Social Withdrawal (Hikikomori) Factors in Adolescents: Understanding the Hikikomori Spectrum. **Child Psychiatry & Human Development**, 52, 5, 808-817. (reviewed)
- Ozawa T+, Itokazu T+, Ichitani Y, *Yamada K (2021) Pharmacologically induced N-methyl-D-aspartate receptor hypofunction impairs goal-directed food seeking in rats. **Neuropsychopharmacology Reports**, 41, 4, 526-531. (reviewed)
- Morisaki I, Shiraishi H, Fujinami H, Shimizu N, [Hikida T](#), Arai Y, Kobayashi T, Hanada R, Penninger JM, Fujiki M, *Hanada T (2021) Modeling a human CLP1 mutation in mouse identifies an accumulation of tyrosine pre-tRNA fragments causing pontocerebellar hypoplasia type 10. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, 570, 60-66. (reviewed)
- Macpherson T, Matsumoto M, Gomi H, Morimoto J, Uchibe E, *[Hikida T](#) (2021) Parallel and hierarchical neural mechanisms for adaptive and predictive behavioral control. **Neural Networks**, 144, 507-521. (reviewed)
- Yeh LF+, Ozawa T+, *Johansen JP (2021) Functional organization of the midbrain periaqueductal gray for regulating aversive memory formation. **Molecular Brain**, 14, 1, 136. (reviewed)
- Nishioka T, Macpherson T, Hamaguchi K, *[Hikida T](#) (2021) Distinct Roles of Dopamine D1 and D2 Receptor-expressing Neurons in the Nucleus Accumbens for a Strategy Dependent Decision Making. **bioRxiv**, 455353.
- Shimoda S, Ozawa T, Ichitani Y, *Yamada K. (2021) Long-term associative memory in rats: Effects of familiarization period in object-place-context recognition test. **PLoS ONE**, 16, 7, e0254570. (reviewed)
- Yatsuka H, Hada K, Shiraishi H, Umeda R, Morisaki I, Urushibata H, Shimizu N, Sebastian WA, [Hikida T](#), Ishitani T, Hanada R, Shimada T, Kimoto K, Kubota T, *Hanada T (2020) Exosc2 deficiency leads to developmental disorders by causing a nucleotide pool imbalance in zebrafish. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, 533, 4, 1470-1476. (reviewed)
- Saito N, Tainaka K, Macpherson T, [Hikida T](#), Yamaguchi S, *Sasaoka T (2020) Neurotransmission through dopamine D1 receptor is required for aversive memory formation and Arc activation in the cerebral cortex. **Neuroscience Research**, 156, 58-65. (reviewed)
- Nishioka T, Hamaguchi K, Yawata S, [Hikida T](#), *Watanabe D (2020) Chemogenetic suppression of the subthalamic nucleus induces attentional deficits and impulsive action in a five-choice serial reaction time task in mice. **Frontiers in Systems Neuroscience**, 14, 38. (reviewed)
- Anan M, Higa R, Shikano K, Shide M, Soda A, Carrasco Apolinario ME, Mori K, Shin T, Miyazato M, Mimata H, [Hikida T](#), Hanada T, Nakao K, Kangawa K, *Hanada R (2020) Cocaine has some effect on Neuromedin U expressing neurons related to the brain reward system. **Heliyon**, 6, 5, e03947. (reviewed)
- Wang Q, Shimizu K, Maehata K, Pan Y, Sakurai K, [Hikida T](#), Fukada Y, *Takao T (2019) Lithium ion adduction enables UPLC-MS/MS-based analysis of multi-class, 3-hydroxyl group-containing keto-steroids. **The Journal of Lipid Research**, 61, 4, 570-579. (reviewed)

- *Hikida T, Yao S, Macpherson T, Fukakusa A, Morita M, Kimura H, Hirai K, Ando T, Toyoshiba H, Sawa A (2019) Nucleus accumbens pathways control cell-specific gene expression in the medial prefrontal cortex. **Scientific Reports**, 10, 1, 1838. (reviewed)
- *Hikida T, Morita M, Kuroiwa M, Macpherson T, Shuto T, Sotogaku N, Niwa M, Sawa A, *Nishi A (2019) Adolescent psychosocial stress enhances sensitization to cocaine exposure in genetically vulnerable mice. **Neuroscience Research**, 151, 38-45. (reviewed)
- *Shioda N, Imai Y, Yabuki Y, Sugimoto W, Wang Y, Hikida T, Sasaoka T, Mieda M, *Fukunaga K (2019) Dopamine D2L Receptor Deficiency Causes Stress Vulnerability through 5-HT1A Receptor Dysfunction in Serotonergic Neurons. **Journal of Neuroscience**, 39, 38, 7551-7563. (reviewed)
- Macpherson T, *Hikida T (2019) Response to 'Mood and Affect'. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, 73, 6, 347. (invited)
- Macpherson T, *Hikida T (2019) The role of basal ganglia neurocircuitry in the pathology of psychiatric disorders. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, 73, 6, 289-301. (invited & reviewed)
- Macpherson T, Mizoguchi H, Yamanaka A, *Hikida T (2019) Preproenkephalin-expressing ventral pallidal neurons control inhibitory avoidance learning. **Neurochemistry International**, 126, 44518. (reviewed)
- *Murata K, Kinoshita T, Fukazawa Y, Kobayashi K, Yamanaka A, Hikida T, Manabe H, Yamaguchi M. (2018) Opposing roles of dopamine receptor D1- and D2-expressing neurons in the anteromedial olfactory tubercle in acquisition of place preference in mice. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, 13, 50. (reviewed)
- Kozuka T, Omori Y, Watanabe S, Tarusawa E, Yamamoto H, Chaya T, Furuhashi M, Morita M, Sato T, Hirose S, Ohkawa Y, Yoshimura Y, Hikida T, *Furukawa T (2018) miR-124 dosage regulates prefrontal cortex function by dopaminergic modulation. **Scientific Reports**, 9, 3445. (reviewed)
- Wang L, Talwar V, Osakada T, Kuang A, Guo Z, Yamaguchi T, *Lin D (2018) Hypothalamic Control of Conspecific Self-Defense. **Cell Reports**, 26, 7, 1747-1758. (reviewed)
- Yamaguchi T, *Lin D (2018) Functions of medial hypothalamic and mesolimbic dopamine circuitries in aggression. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, 24, 104-112. (invited & reviewed)
- Sumitomo A, Yukitake H, Hirai K, Horike K, Ueta K, Chung Y, Warabi R, Yanagawa T, Kitaoka S, Furuyashiki T, Narumiya S, Hirano T, Niwa M, Sibille E, Hikida T, Sakurai T, Ishizuka K, *Sawa A, *Tomoda T (2018) Ulk2 controls cortical excitatory-inhibitory balance via autophagic regulation of p62 and GABAA receptor trafficking in pyramidal neurons. **Human Molecular Genetics**, 27, 18, 3165-3176. (reviewed)
- Higashida S, Nagai H, Nakayama K, Shinohara R, Taniguchi M, Nagai M, Hikida T, Yawata S, Ago Y, Kitaoka S, Narumiya S, *Furuyashiki T (2018) Repeated social defeat stress impairs attentional set shifting irrespective of social avoidance and increases female preference associated with heightened anxiety. **Scientific Reports**, 8, 1, 10454. (reviewed)
- Sun F, Zeng J, Jing M, Zhou J, Feng J, Owen SF, Luo Y, Li F, Yamaguchi T, Yong Z, Gao Y, Peng W, Wang L, Zhang S, Du J, Lin D, Xu M, Kreitzer AC, Cui G, *Li Y (2018) A genetically-encoded fluorescent sensor enables rapid and specific detection of dopamine in flies, fish, and mice. *Cell*, 174, 2, 481-496. (reviewed)
- Macpherson T, *Hikida T (2018) Nucleus accumbens dopamine D1-receptor-expressing neurons control the acquisition of sign-tracking to conditioned cues in mice. **Frontiers in Neuroscience**, 12, 418. (reviewed)
- Sumitomo A, Saka A, Ueta K, Horike K, Hirai K, Gamo NJ, Hikida T, Nakayama KI, Sawa A, *Sakurai T, *Tomoda T (2017) Methylphenidate and guanfacine ameliorate ADHD-like phenotypes in Fez1-deficient mice. **Molecular Neuropsychiatry**, 3, 4, 223-233. (reviewed)
- Fang YY, Yamaguchi T, Song SC, Tritsch NX, *Lin D (2017) A Hypothalamic Midbrain Pathway Essential for Driving Maternal Behaviors. **Neuron**, 98, 1, 192-207. (reviewed)
- Miyajima M, Zhang B, Sugiura Y, Sonomura K, Guerrini MM, Tsutsui Y, Maruya M, Vogelzang A, Chamoto K, Honda K, Hikida T, Ito S, Qin H, Sanuki R, Suzuki K, Furukawa T, Ishihama Y, Matsuda F, Suematsu M, Honjo T, *Fagarasan S (2017) Metabolic shift induced by systemic activation of T cells in PD-1-deficient mice perturbs brain monoamines and emotional behavior. **Nature Immunology**, 28, 12, 1342-1352. (reviewed)
- *Shioda N, Yabuki Y, Wang Y, Uchigashima M, Hikida T, Sasaoka T, Mori H, Watanabe M, Sasahara M, *Fukunaga K (2017) Endocytosis following dopamine D2 receptor activation is critical for neuronal activity and dendritic spine formation via Rabex-5/PDGFR β signaling in striatopallidal medium spiny neurons. **Molecular Psychiatry**, 22, 8, 1205-1222. (reviewed)
- *Hayashi Y, Yawata S, Funabiki K, Hikida T (2017) In vivo calcium imaging from dentate granule cells with wide-field fluorescence microscopy. **PLoS ONE**, 12, 7, e0180452. (reviewed)
- *Tomoda T, Hikida T, Sakurai T (2017) Role of DISC1 in neuronal trafficking and its implication in neuropsychiatric manifestation and neurotherapeutics. **Neurotherapeutics**, 14, 3, 623-6291. (invitedreviewed)
- Kitanishi T+, Ito HT+, Hayashi Y+, Shinohara Y+, *Mizuseki K+, *Hikida T + (2016) Network mechanisms of hippocampal laterality, place coding and goal-directed navigation. **J Physiol Sci**, 67, 2, 247-258. (invited & reviewed)

- Shimizu Y, *Son C, Aotani D, Nomura H, Hikida T, Hosoda K, Nakao K (2016) Role of leptin in conditioned place preference to high-fat diet in leptin-deficient ob/ob mice. *Neuroscience Letters*, 640, 60-63. (reviewed)
- Sumitomo A, Ueta K, Horike K, Mauchi S, Hirai K, Hikida T, Sakurai T, *Sawa A, *Tomoda T (2016) Ulk1 protects against ethanol-induced neuronal stress and cognition-related behavioral deficits. *Neuroscience Research*, 117, 54-61. (reviewed)
- Jaaro-Peled H, Altimus C, LeGates T, Cash-Padgett T, Zoubovsky S, Hikida T, Ishizuka K, Hattar S, Mongrain V, *Sawa A (2016) Abnormal wake/sleep pattern in a novel gain-of-function model of DISC1. *Neuroscience Research*, 112, 63-69. (reviewed)
- *Aotani D, Son C, Shimizu Y, Nomura H, Hikida T, Kusakabe T, Tanaka T, Miyazawa T, Hosoda K, *Nakao K (2016) Reevaluation of anti-obesity action of mazindol and elucidation of its effect on the reward system. *Neuroscience Letters*, 633, 141-145. (reviewed)
- Morita M, Wang Y, Sasaoka T, Okada K, Niwa M, Sawa A, *Hikida T (2016) Dopamine D2L receptor is required for visual discrimination and reversal learning. *Molecular Neuropsychiatry*, 2, 3, 124-132. (reviewed)
- Macpherson T, Morita M, Wang Y, Sasaoka T, Sawa A, *Hikida T (2016) Nucleus accumbens dopamine D2-receptor expressing neurons control behavioral flexibility in a place discrimination task in the IntelliCage. *Learning & Memory*, 23, 7, 359-364. (reviewed)
- *Hikida T, Morita M, Macpherson T (2016) Neural mechanism of the nucleus accumbens circuit in reward and aversive learning. *Neuroscience Research*, 108, 44201. (reviewed)
- 齊藤奈英, 板倉誠, 田井中一貴, Macpherson T, 疋田貴俊, 山口瞬, 佐藤朝子, 大久保直, 知見聡美, 南部篤, *笹岡俊邦. (2022) D1 および D2 ドーパミン受容体を介する神経伝達による運動制御と学習記憶の仕組みの理解. *日本生物学的精神医学会誌*, 33, 3, 100-105. (invited)
- *疋田貴俊 (2019) 大脳基底核神経回路における腹側淡蒼球の役割解析. *日本生物学的精神医学会誌*, 30, 3, 105-107. (invited)
- *疋田貴俊 (2018) 柔軟な行動のための大脳基底核神経回路の恒常性維持機構. *日本薬理学雑誌*, 152, 6, 295-298. (invited)
- *疋田貴俊 (2017) 意思決定と薬物依存における大脳基底核神経回路機構. *日本生物学的精神医学会誌*, 29, 1, 40-43. (invited)
- *疋田貴俊 (2017) 神経回路から精神疾患病態へ. *日本生物学的精神医学会誌*, 28, 3, 132-134. (invited)
- *疋田貴俊, 森田真規子, Macpherson T (2017) 認知学習における大脳基底核神経回路機構. *日本神経精神薬理学雑誌*, 37, 35-38. (invited & reviewed)
- *疋田貴俊 (2016) 大脳基底核神経回路からみた薬物依存症の病態. *精神科臨床 Legato*, 2, 4, 190-192. (invited)
- <学会発表等>
- *Ozawa T, Umemoto K, Nakamura M, Iwamoto R, Matsumoto Y, Shibata T, Oyama Y, Macpherson T, Hikida T (2023) Analysis of dopamine dynamics in cortex, striatum, and amygdala during differential auditory fear conditioning in mice. IRCN-iPlasticity International Symposium.
- *Hikida T, Aomine Y, Sakurai K, Macpherson T, Ozawa T, Miyamoto Y, Yoneda Y, Oka M (2022) Motivational increase and brain network variation based on functional connectivity in Importin α 3 (KPNA3) deficient mice. 61st Annual Meeting of Neuropsychopharmacology.
- *Macpherson T (2022) Striatal mechanisms of discrimination learning and their dysfunction in schizophrenia model mice. *Neuroscience 2022*.
- *Sakurai K, Kasahara E, Ozawa T, Macpherson T, Miyamoto Y, Yoneda Y, Sekiyama A, Oka M, Hikida T (2022) Effects of Importin α 1(KPNA1) depletion and adolescent social stress on psychiatric disorder-associated behaviors in mice. *Neuroscience 2022*.
- *Aomine Y, Sakurai K, Macpherson T, Ozawa T, Miyamoto Y, Yoneda Y, Oka M, Hikida T (2022) Motivational increase and brain network variation based on functional connectivity in Importin α 3 (KPNA3) deficient mice. *Neuroscience 2022*.
- *Macpherson T, Hikida T (2022) Cell type-specific control of reward learning in the brain. Effects of Importin α 1(KPNA1) depletion and adolescent social stress on psychiatric disorder-associated behaviors in mice. E13.
- *Hikida T, Nishioka T, Macpherson T, Hamaguchi K (2022) Neural mechanisms for the strategy to avoid a choice that leads to negative outcome in visual discrimination learning. 4th International Touchscreen Symposium.
- *Macpherson T, Suthinee Attachaipanich, Tadaaki Nishioka, Hikida T (2022) Nucleus accumbens subpopulations cooperatively signal reward and aversion. 4th Japan-UK Neuroscience Symposium 2022.
- *Macpherson T (2022) Neural circuit mechanisms in behavioral flexibility. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science 2022.
- Nishioka T, Macpherson T, Hamaguchi K, *Hikida T (2021) Distinct Roles of Dopamine D1 and D2 Receptor-expressing Neurons in the Nucleus Accumbens for a Strategy Dependent Decision Making. 60th Annual Meeting of the American College of Neuropsychopharmacology.

- *Nishioka T, Macpherson T, Hamaguchi K, Hikida T (2021) Distinct Roles of Dopamine D1 and D2 Receptor-expressing Neurons in the Nucleus Accumbens for a Strategy Dependent Decision Making. Neuroscience 2021, 50th Annual meeting of Society for Neuroscience.
- *Uchida Y, Hikida T, Yamashita Y. (2021) Oral perceptions as expected changes in internal states: computational modeling of altered nutrient intake in psychiatric disorders and proposal of a possible treatment strategy. Society of Biological Psychiatry 2021 virtual meeting.
- *Hikida T, Kim J, Macpherson T (2020) Nucleus accumbens D2-receptor-expressing neurons regulate reversal learning in the Attentional Set Shifting Test. 59th Annual Meeting of the American College of Neuropsychopharmacology.
- Nishioka T, Hikida T (2020) Choose a good option or avoid a bad option: D2-MSN in the NAc selectively contributes to the strategy to avoid a bad option under decision. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.
- *Hikida T (2020) The role of the parallel pathways in the nucleus accumbens for reward and aversive learning. MACS International Symposium: COMPUTATIONAL PRINCIPLES IN ACTIVE PERCEPTION AND REINFORCEMENT LEARNING IN THE BRAIN.
- Macpherson T, Yao S, Fukakusa A, Morita M, Kimura H, Hirai K, Ando T, Toyoshiba H, Sawa A, Hikida T (2019) Altered medial prefrontal cortex gene expression following nucleus accumbens pathway neurotransmission blocking. The 10th Takeda Science Foundation Symposium on PharmaSciences - Mental Illness: Human Biology and Preclinical Modeling for Translation.
- *Hikida T, Macpherson T, Mizoguchi H, Yamanaka A. (2018) Enkephalin-Expressing Ventral Pallidal Neurons Control Aversive Learning. 57th Annual Meeting of the American College of Neuropsychopharmacology.
- Macpherson T, Mizoguchi H, Yamanaka A, Hikida T (2018) Ventral pallidum neurons control aversive learning. The 11th Meeting of the Federation for European Neuroscience Society.
- *Hikida T, Macpherson T (2017) Nucleus accumbens D1 receptor expressing neurons control autoshaping behavior. 56th Annual Meeting of the American College of Neuropsychopharmacology.
- Macpherson T, *Hikida T (2017) Dopamine D2L receptors control flexible behavior. OU-ANU 2nd joint symposium Protein Structure and Function.
- *Hikida T (2017) Basal ganglia network mechanisms in cognitive learning. 12th International Symposium of the Institute Network –Driving Next-Generation Medicine: the Spirit of Pioneering Discovery in Medical Science.
- Macpherson T, *Hikida T (2017) Nucleus Accumbens D1 receptor expressing neurons control autoshaping behavior. Neuroscience 2017.
- *Nakajima H, Nakamura S, Kita A, Itakura M, Senami C, Kuwamura M, Hikida T, Azuma Y-T, Takeuchi T (2017) Blockade of GAPDH nuclear translocation in the hippocampus contributes to anti-depressant-like action in stressed mice. Neuroscience 2017.
- *Hikida T (2017) Neuronal circuit mechanisms in reward and aversive behavior. Taiwan-Japan Biomedicine Conference NTHU-OU bilateral symposium 2017.
- Macpherson T, *Hikida T (2017) Nucleus accumbens dopamine D1-receptor-expressing neurons control Pavlovian approach behaviour. The 44th Naito Conference, Decision Making in the Brain -Motivation, Prediction, and Learning.
- Macpherson T, *Hikida T (2017) Nucleus accumbens dopamine D1-receptor-expressing neurons control attribution of incentive salience in an autoshaping task. EBPS Biennial meeting 2017.
- Macpherson T, *Hikida T (2017) Nucleus accumbens dopamine D1-receptor-expressing neurons control incentive salience to reward-predictive cues. **IBNS2017**.
- *Hikida T, Morita M, Macpherson T (2017) D2L receptor-expressing striatal neurons control visual discrimination learning in a touchscreen operant system. **IBNS2017**.
- *Hikida T, Yao S, Fukakusa A, Morita M, Kimura H, Hirai K, Ando T, Toyoshiba H, Sawa A (2016) Expression changes in prefrontal cortex after neurotransmission blocking of the nucleus accumbens pathways. 55th Annual Meeting of the American College of Neuropsychopharmacology.
- *Hikida T (2016) Activity in dopamine D2-receptor-expressing nucleus accumbens is necessary for behavioral flexibility in an IntelliCage place discrimination task. International Symposium “Wiring and Functional Principles of Neural Circuits”.
- *Hikida T, Yao S, Fukakusa A, Morita M, Kimura H, Hirai K, Ando T, Toyoshiba H, Sawa A (2016) Expression changes in prefrontal cortex after neurotransmission blocking of the nucleus accumbens pathways. **Neuroscience 2016**.
- Morita M, Macpherson T, Sawa A, *Hikida T (2016) Learning deficits involving nucleus accumbens D2-receptor expressing neurons in a DISC1 mouse model. Neuroscience 2016.
- Itakura M, Kubo T, Kaneshige A, Azuma Y, Hikida T, Takeuchi T, *Nakajima H. (2016) A novel therapeutic target for stroke by inhibition of GAPDH aggregation. Neuroscience 2016.

- Macpherson T, Morita M, Wang Y, Sasaoka T, Sawa A, *Hikida T (2016) Activity in dopamine D2-receptor-expressing nucleus accumbens is necessary for behavioral flexibility in an IntelliCage place discrimination task. Neuroscience 2016.
- Macpherson T, Morita M, Wang Y, Sasaoka T, Sawa A, *Hikida T (2016) Nucleus accumbens dopamine D2-receptor expressing neurons control behavioural flexibility in a place learning task in the IntelliCage. 10th FENS Forum of Neuroscience.
- Macpherson T, Mizoguchi H, Yamanaka A, Hikida T (2018) Ventral pallidum neurons control aversive learning. The 48th Annual Meeting of the Society for Neuroscience.
- *Hikida T, Nishioka T, Macpherson T, Hamaguchi K (2023) Dopamine neurotransmission mechanisms in the nucleus accumbens for flexible cognitive behavior. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Masu M, Miya K, Masu K, Okada T, Ohta K, Macpherson T, Hikida T, Suzuki E, Momiyama T.(2023) Extracellular sugar modification regulates neuronal signaling in the nucleus accumbens. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Ozawa T, Shibata T, Oyama Y, Abe M, Goto K, Yonemaru H, Matsumoto Y, Iwamoto R, Sakurai K, Macpherson T, Hikida T (2023) Neural mechanism of salt and umami seeking behavior. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Shibata T, Ozawa T, Matsumoto Y, Iwamoto R, Oyama Y, Macpherson T, Hikida T (2023) Analysis of expectation-modulated dynamics of dopamine release during food seeking behavior in mice. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Iwamoto R, Ozawa T, Macpherson T, Hikida T (2023) The analysis of accumbal dopamine dynamics during observational fear in mice. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Nakagawa I, Ozawa T, Macpherson T, Hikida T (2023) Accumbal dopamine response to salt intake depends on internal sodium level in mice. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Yonemaru H, Ozawa T, Hikida T (2023) Neonatal MK-801 treatment and peripubertal social isolation increase impulsivity in cliff avoidance response test in adult mice. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Shimo Y, Ozawa T, Macpherson T, Hikida T (2023) The effect of acute nicotine treatment on visual discrimination and its reversal learning in mice. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Macpherson T, Attachaipanich S, Nishioka T, Ozawa T, Hikida T (2023) Cell-type-specific control of reward and aversive signaling in the nucleus accumbens. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Matsumoto Y, Ozawa T, Oyama Y, Iwamoto R, Shibata T, Macpherson T, Hikida T (2023) Analysis of prefrontal and accumbal dopamine release dynamics in mice during reward prediction task. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Umemoto K, Ozawa Nakamura T M, Matsumoto Y, Shibata T, Iwamoto R, Oyama Y, Macpherson T, Hikida T. (2023) Dynamics of cortical, striatal and amygdaloid dopamine release during differential auditory fear conditioning in mice. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Oyama Y, Aomine Y, Ozawa T, Macpherson T, Hikida T (2023) The effects of DREADD ligands treatments on motivational food seeking in mice. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *Aomine Y, Sakurai K, Macpherson T, Ozawa T, Miyamoto Y, Yoneda Y, Oka M, Hikida T (2023) Motivational increase for sucrose reward and brain network variation in Importin $\alpha 3$ (KPNA3) deficient mice. 日本生理学会第 100 回記念大会.
- *内田裕輝, 疋田貴俊, 本田学, 山下祐一 (2023) うつ病で増減する食欲への内受容感覚変動の寄与: ホメオスタシス強化学習による構成論的理解. CPSY コース東京 2023.
- *疋田貴俊 (2022) 側坐核のドーパミン動態の解析. 第 19 回 COCORO 会議, 第 19 回脳表現型の分子メカニズム研究会.
- *青峰良淳, 櫻井航輝, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊 (2022) 核輸送因子 Importin $\alpha 3$ /KPNA3 欠損による報酬に対する動機づけの上昇とその脳内ネットワーク変化. 第 45 回日本分子生物学会年会.
- *櫻井航輝, 宮本洋一, 森田真規子, Macpherson T, 小澤貴明, 岡正啓, 疋田貴俊 (2022) 核輸送因子 importin $\alpha 4$ /KPNA4 ノックアウトマウスにおける疾患様行動異常の要員探索. 第 45 回日本分子生物学会年会.
- *Li S, 櫻井航輝, Pan Y, Wang Q, 高尾敏文, 疋田貴俊 (2022) LC-MS/MS による多発硬化症モデルマウスの網羅的解析. 第 45 回日本分子生物学会年会.
- *青峰良淳, 櫻井航輝, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊 (2022) インポートイン $\alpha 3$ (KPNA3) 欠損による報酬に対する動機づけの上昇とその脳内ネットワーク変化. 第 114 回近畿生理学談話会.

- 柴田智弘, *小澤貴明, 松本悠真, Macpherson T, 疋田貴俊 (2022) マウスの報酬予測行動における脳内ドーパミン放出動態の解析. 第 114 回近畿生理学談話会.
- *疋田貴俊 (2022) 柔軟な認知行動のための神経回路機構. BPCNP4 学会合同年会.
- *志茂優斗, 小澤貴明, Macpherson T, 疋田貴俊 (2022) ニコチン投与によるマウスの視覚弁別学習と逆転学習への影響とその神経メカニズムの解明. BPCNP4 学会合同年会.
- *内田裕輝, 疋田貴俊, 本田学, 山下祐一 (2022) ホメオスタシス空間の歪みとしての精神疾患: うつにおける食行動変化の強化学習モデリング. BPCNP4 学会合同年会.
- *青峰良淳, 櫻井航輝, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊 (2022) 複数の精神疾患関連遺伝子インポーチン $\alpha 3$ 欠損による動機づけの上昇とその脳内ネットワーク. BPCNP4 学会合同年会.
- *米丸ひなの, 小澤貴明, 疋田貴俊 (2022) 新生仔期 MK-801 投与と発達期社会的孤立がマウスの成体期における衝動性を亢進する. BPCNP4 学会合同年会.
- *櫻井航輝, 宮本洋一, 森田真規子, Macpherson T, 小澤貴明, 岡正啓, 疋田貴俊 (2022) 核輸送因子 importin $\alpha 4$ /KPNA4 ノックアウトマウスにおける疾患様行動異常と炎症. BPCNP4 学会合同年会.
- *青峰良淳, 櫻井航輝, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊 (2022) インポーチン $\alpha 3$ (Kpna3) 欠損マウスのスクロース報酬に対する動機づけ上昇とその脳内ネットワーク. 食欲・食嗜好を形成する感覚・内分泌・神経基盤研究会 2022.
- *Macpherson T (2022) Neural Mechanisms of Reward and Aversion Signaling. 生理学研究所研究会 2022『情動の本質を捉える最先端アプローチ』.
- 柴田智弘, *小澤貴明, 松本悠真, Macpherson T, 疋田貴俊 (2022) マウスの報酬予測行動における脳内ドーパミン放出動態の解析. 第 24 回活性アミンに関するワークショップ.
- *松本悠真, 小澤貴明, 尾山賀信, 岩本涼太郎, 柴田智弘, Macpherson T, 疋田貴俊 (2022) 報酬予測中のマウス前頭前皮質におけるドーパミン放出 ダイナミクスの解析. 第 24 回活性アミンに関するワークショップ.
- *小澤貴明 (2022) Neural circuit of salt and umami seeking behavior. 2022 年度 日本味と匂学会 第 56 回大会.
- *Suthinee Attachaipanich, Macpherson T, Hikida T (2022) Nucleus accumbens core D1-MSNs microcircuits drive locomotor and reward-related behaviors. Neuro2022.
- *青峰良淳, 櫻井航輝, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊. (2022) インポーチン $\alpha 3$ 欠損マウスの動機づけ異常とその脳内ネットワーク. Neuro2022.
- *松本悠真, 小澤貴明, 柴田智弘, 中村萌, 岩本涼太郎, 尾山賀信, Macpherson T, 疋田貴俊. (2022) 時間に基づいた報酬予測を制御する脳内ドーパミン放出の解析. Neuro2022.
- *小澤貴明, 中村萌, 松本悠真, 柴田智弘, 岩本涼太郎, 尾山賀信, Macpherson T, 疋田貴俊. (2022) 恐怖条件づけ中のマウス脳内ドーパミン動態の解析. Neuro2022.
- *柴田智弘, 小澤貴明, 松本悠真, 中村萌, 岩本涼太郎, 尾山賀信, Macpherson T, 疋田貴俊. (2022) マウスの報酬予測行動における脳内ドーパミン放出動態の解析. Neuro2022.
- *笹岡俊邦, 齊藤奈英, 田井中一貴, Macpherson T, 疋田貴俊, 山口瞬(2022). Neuro2022.
- *疋田貴俊, Macpherson T (2022) 行動柔軟性における側坐核の並列神経回路機構. Neuro2022.
- *Macpherson T, Hikida T (2022) Neural mechanisms of reward and aversive signaling. Neuro2022.
- *西岡忠昭, Macpherson T, 濱口 航介, 疋田貴俊. (2022) ネガティブな選択を回避する意思決定の神経機構. Neuro2022.
- *櫻井航輝, 宮本 洋一, 森田真規子, Macpherson T, 小澤貴明, 岡正啓, 疋田貴俊. (2022) Importin $\alpha 4$ /KPNA4 ノックアウトマウスの行動異常の背景にある分子基盤の探索. Neuro2022.
- *疋田貴俊, Macpherson T (2022) Diverse activity patterns of medium spiny neurons in the nucleus accumbens in reward and aversion. 第 95 回日本薬理学会年会.
- *疋田貴俊 (2022) Homeostatic regulation of neural circuit mechanisms in flexible cognitive behavior and psychiatric disorders. 第 95 回日本薬理学会年会.
- *小澤貴明 (2021) 脳内イメージングによる多様なドーパミン神経伝達の解析. 大阪大学蛋白質研究所セミナー「多様なドーパミン神経伝達から脳を探る」.
- *Macpherson T (2021) Neural mechanisms in reward and aversion. 大阪大学蛋白質研究所セミナー「多様なドーパミン神経伝達から脳を探る」.
- *疋田貴俊 (2021) 腹側淡蒼球のドーパミンの役割. 第 17 回 COCORO 会議, 第 17 回脳表現型の分子メカニズム研究会.
- *内田裕輝, 疋田貴俊, 山下祐一 (2021) 発達障害における栄養ホメオスタシス失調の計算モデル. 日本発達神経科学会第 10 回学術集会.

- *Yuma Matsumoto, Tomohiro Shibata, Moe Nakamura, Macpherson T, Hikida T, Ozawa T (2021) Analysis of prefrontal dopamine release dynamics during reward expectation in mice. 日本動物心理学会 第 81 回大会.
- *青峰良淳, 櫻井航輝, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊 (2021) インポーチン $\alpha 3$ 欠損マウスのアルコール関連行動解析. 生理学研究所研究会 第 6 回食欲・食嗜好の分子・神経基盤研究会.
- *内田裕輝, 疋田貴俊, 山下祐一 (2021) マウスの食塩嗜好性を記述するホメオスタシス強化学習理論の構築. 生理学研究所研究会 第 6 回食欲・食嗜好の分子・神経基盤研究会.
- *柴田智弘, 疋田貴俊, 小澤貴明 (2021) うま味成分が持つ塩味嗜好性増強効果における脳内報酬系の役割. 日本味と匂学会第 55 回大会.
- *小澤貴明 (2021) Dopaminergic circuit controls salt and umami seeking behavior. 日本味と匂学会第 55 回大会.
- *疋田貴俊, Macpherson T, 西岡忠昭 (2021) 側坐核における報酬・忌避の神経機構. 2021 年度生理学研究所研究会「多様な視点から情動を捉え直す」.
- *疋田貴俊 (2021) 報酬/目的指向行動の神経回路機構. 第 15 回 Motor Control 研究会.
- *Macpherson T (2021) 行動の柔軟性における並列神経回路機構. 第 15 回 Motor Control 研究会.
- *西岡忠昭, 疋田貴俊 (2021) 損失回避の基盤となる神経メカニズム: 側坐核のドーパミン D2 受容体含有ニューロンの活性化はネガティブな結果に繋がる選択の回避に寄与する. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *内田裕輝, 疋田貴俊, 山下祐一 (2021) 精神疾患における栄養摂取の変調とその治療の計算論モデル. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *青峰良淳, 櫻井航輝, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊 (2021) インポーチン $\alpha 3$ 欠損マウスのアルコール関連行動解析. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- * Daudelin MN, Macpherson T, Cheng HI, Hikida T (2021) Elucidating Pathway-Specific Locomotor and Limbic Functions of the Subthalamic Nucleus. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *柴田智弘, 小澤貴明, 中村萌, Macpherson T, 疋田貴俊 (2021) マウスの報酬予測行動における線条体ドーパミン放出動態の解析. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *櫻井航輝, 伊藤大一, 森田真規子, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊 (2021) 社会的孤立ストレスによる Importin $\alpha 1$ /KPNA1 ノックアウトマウスに見られる行動異常の増悪. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *Li Siyao PY, 櫻井航輝, Wang Q, 高尾敏文, 疋田貴俊 (2021) LC-MS/MS による多発硬化症モデルマウスの解析. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *中村萌, 小澤貴明, 柴田智弘, Macpherson T, 疋田貴俊 (2021) 聴覚性恐怖条件づけにおける線条体ドーパミン放出動態の解析. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *Suthinee A, Macpherson T, Hikida T (2021) The role of nucleus accumbens core D1- and D2-neurons in controlling reward and aversion. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- * Kobayashi KL, Macpherson T, Hikida T (2021) Exploring the role of dopamine in the ventral pallidum. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *Macpherson T, Kim J, Hikida T. (2021) Nucleus accumbens D2-receptor-expressing neurons regulate reversal learning in the Attentional Set Shifting Test. 第 44 回日本神経科学大会/CJK 第 1 回国際会議.
- *櫻井航輝, 伊藤大一, 森田真規子, Macpherson T, 小澤貴明, 宮本洋一, 米田悦啓, 岡正啓, 疋田貴俊 (2021) Importin $\alpha 1$ /KPNA1 ノックアウトマウスに見られる社会的孤立ストレスへの感受性増加. 第 43 回日本生物学的精神医学会・第 51 回日本神経薬理学会・合同年会.
- *笹岡俊邦, 齊藤奈英, 田井中一貴, Macpherson T, 疋田貴俊, 山口瞬, 板倉誠, 阿部学, 崎村建司. (2021) D1 及び D2 ドーパミン受容体を介する神経伝達による運動制御と学習記憶の仕組みの理解. 第 43 回日本生物学的精神医学会・第 51 回日本神経薬理学会・合同年会.
- *米丸ひなの, 小澤貴明, 櫻井航輝, 志茂優斗, 青峰良淳, 谷垣健二, 疋田貴俊 (2021) 22q11.2 欠失症候群モデルマウスにおける脳内モノアミン量の解析. 第 43 回日本生物学的精神医学会・第 51 回日本神経薬理学会・合同年会.
- *内田裕輝, 疋田貴俊, 山下祐一 (2021) 精神疾患における栄養摂取の変調とその治療法: 計算論的アプローチからの検討. 第 43 回日本生物学的精神医学会・第 51 回日本神経薬理学会・合同年会.
- *小澤貴明, 疋田貴俊 (2020) うま味物質の持つ塩味嗜好性増強効果における脳内報酬系の関与. 大阪大学蛋白質研究所セミナー「食行動の脳内基盤と分子機構」.

- 内田裕輝, 山下祐一, *疋田貴俊 (2020) 人工的神経回路操作によるマウス食塩欲求の変化を強化学習モデルで再現する. 第 39 回日本動物行動学会大会.
- *疋田貴俊 (2020) 適切な行動選択のための柔軟な脳のしくみ. 令和 2 年度国立大学附置研究所・センター会議 第 2 部会シンポジウム「コロナ新時代における蛋白質科学研究」.
- *疋田貴俊 (2020) 意思決定における側坐核ネットワークの制御機構. 生理学研究所研究会 意思決定研究の新展開～社会共感・主観価値の生成・葛藤に関わる神経メカニズム～.
- *小澤貴明, 柴田智弘, 疋田貴俊 (2020) マウスにおける塩味とうま味の相乗作用. 生理学研究所研究会 第 5 回食欲・食嗜好の分子・神経基盤研究会.
- *Macpherson T, Mizoguchi H, Yamanaka A, *Hikida T (2019) A role for Enkephalin-expressing ventral pallidal neurons in controlling aversive Pavlovian Conditioning. 第 97 回日本生理学会.
- *疋田貴俊 (2019) 報酬・忌避行動と精神疾患病態における神経回路機構の解析. 第 5 回包括的神経グリア研究会 UNG2020.
- *疋田貴俊 (2019) 報酬・忌避学習における神経回路機構の解析. 立命館大学システム視覚科学センターセミナー.
- *Macpherson T, *Hikida T (2019) A role for nucleus accumbens circuit in controlling learning impaired in psychiatric disorders. 大阪大学蛋白質研究所セミナー「精神疾患の分子・回路病態研究の最前線」.
- *疋田貴俊 (2019) 食嗜好における大脳基底核神経機構の解析. 生理学研究所研究会 第 4 回食欲・食嗜好の分子・神経基盤研究会.
- *疋田貴俊 (2019) 情動・認知学習の神経回路機構の研究から疾患横断的な精神疾患病態を考える. 第 115 回日本精神神経学会学術総会.
- *疋田貴俊 (2019) 意思決定行動と精神疾患病態における神経回路機構の解析. 鹿児島大学大学院セミナー.
- *疋田貴俊 (2019) 報酬・忌避行動と精神疾患病態における神経回路機構の解析. 福井大学社会行動研究会.
- *疋田貴俊 (2018) 学習と意志決定における大脳基底核神経回路機構. 京阪・神経内科セミナー2018.
- *疋田貴俊 (2018) 大脳基底核から情動の神経回路機構とその破綻を考える. 平成 30 年度生理学研究所研究会「情動の神経回路機構とその破綻」.
- *疋田貴俊 (2018) 大脳基底核における認知学習と精神疾患の制御機構. 第 40 回日本生物学的精神医学会 第 61 回日本神経化学学会大会 合同年会.
- *Hikida T (2018) Distinct roles of the direct and indirect striatal pathways in cognitive learning. 第 243 回つくばブレインサイエンス・セミナー.
- *疋田貴俊 (2017) 情動行動における大脳基底核神経回路機構とその破綻. 平成 29 年度生理学研究所研究会「先天的と後天的なメカニズムの融合による情動・行動の理解と制御」.
- *疋田貴俊 (2017) 意思決定と薬物依存における大脳基底核神経回路機構. 第 39 回日本生物学的精神医学会.
- *疋田貴俊 (2017) 認知学習と精神疾患における神経回路機構. 第 47 回 日本神経精神薬理学会.
- *Hikida T (2017) Dual neural circuits in reward and aversive learning. 第 27 回神経回路学会.
- *Hikida T (2017) Basal ganglia circuit mechanisms for flexible behavior. 第 40 回日本神経科学大会.
- *疋田貴俊 (2016) 柔軟な行動のための大脳基底核神経回路の恒常性維持機構とその破綻. 第 90 回日本薬理学会.
- *疋田貴俊 (2016) 認知学習におけるドーパミン D2L 受容体の役割解析. 新潟脳神経研究会.
- *疋田貴俊, 林勇一郎, 澤明 (2016) 変異型 DISC1 トランスジェニックマウスは場所選好試験において海馬 CA1 場所細胞の報酬関連活動の低下を示す. 日本生理学会第 109 回近畿生理学談話会.
- *Macpherson T, Morita M, Wang Y, Sasaoka T, Sawa A, *Hikida T (2016) Activity in dopamine D2-receptor-expressing nucleus accumbens neurons is necessary for behavioral flexibility in an IntelliCage place discrimination task. 日本生理学会第 109 回近畿生理学談話会.
- *疋田貴俊 (2016) ドパミンによる大脳基底核神経回路の制御機構. 平成 28 年度日本アルコール・アディクション医学会学術総会.
- *疋田貴俊 (2016) 神経回路から精神疾患病態へ. 第 38 回日本生物学的精神医学会, 第 59 回日本神経化学学会大会合同年会.
- *疋田貴俊 (2016) 認知学習における大脳基底核神経回路機構. 第 61 回 脳の医学・生物学研究会.
- <書籍>
- *小澤貴明, 疋田貴俊 (2020) 食のもたらす快情動の神経メカニズム 報酬系の脳内回路. もっとよくわかる! 食と栄養のサイエンス 食行動を司る生体恒常性維持システム, 佐々木努, 羊土社. (124-133)

- *疋田貴俊 (2018) どうして麻薬にはまるの？. どうして心臓は動き続けるの？ 生命をささえるタンパク質のなぞにせまる, 大阪大学蛋白質研究所, 化学同人. (64-67)
- *山口隆司 (2018) タンパク質がオスとメスの性行動の違いをつくるの？. どうして心臓は動き続けるの？ 生命をささえるタンパク質のなぞにせまる, 大阪大学蛋白質研究所, 化学同人. (76-79)
- *疋田貴俊 (2018) 動物モデル. 診断と治療の ABC 統合失調症, 村井俊哉, 最新医学社. (79-84)
<報道発表>
- 疋田貴俊 (大阪大学) (2023) 同じ失敗を繰り返さないための脳内メカニズムを解明=阪大. MIT Technology Review.
- 疋田貴俊 (大阪大学) (2023) Research reveals brain pathway that signals when we have made a mistake and facilitates better future decision-making. MedicalXpress.
- <受賞>
- 米丸ひなの (疋田 Lab) (2022) マウスにおける新生仔期 NMDA 受容体機能阻害が成体期の衝動性に及ぼす影響. 令和 4(2022)年度『大阪大学女子大学院生優秀研究賞』.
- 青峰良淳 (疋田 Lab) (2022) インポーチン $\alpha 3$ (KPNA3) 欠損による報酬に対する動機づけの上昇とその脳内ネットワーク変化. 第 114 回近畿生理学談話会若手優秀発表賞.
- 松本悠真 (疋田 Lab) (2022) 報酬予測中のマウス前頭前皮質におけるドーパミン放出 ダイナミクスの解析. 第 24 回活性アミンに関するワークショップ学生最優秀発表賞.
- 松本悠真 (疋田 Lab) (2021) Analysis of prefrontal dopamine release dynamics during reward expectation in mice. 日本動物心理学会 第 81 回大会優秀発表賞.
- 柴田智弘 (疋田 Lab) (2021) うま味成分が持つ塩味嗜好性増強効果における脳内報酬系の役割. 日本味と匂学会第 55 回大会優秀発表賞.
- 櫻井航輝 (疋田 Lab) (2019) . National Tsing Hua University-Osaka University International Student Symposium Best Presentation Award.
- 水谷晃大 (疋田 Lab) (2018) Characteristic Whisker Movements Reflect the Internal State of Mice Related to Reward Anticipation. 日本神経回路学会大会奨励賞.
- 水谷晃大 (疋田 Lab) (2018) . National Tsing Hua University-Osaka University International Student Symposium Best Presentation Award.
- 疋田貴俊 (2017) . 日本神経精神薬理学会第 6 回学術奨励賞.
- 疋田貴俊 (2016) . 日本生物学的精神医学会若手研究者育成プログラム最優秀奨励賞.
- 森田真規子 (疋田 Lab) (2016) . 日本生物学的精神医学会国際学会発表奨励賞.
- Macpherson T (2016). JNS-SfN exchange travel award.
- <アウトリーチ等>
- 疋田貴俊 (2020) 適切な行動選択のための柔軟な脳のしくみ. 令和 2 年度国立大学附置研究所・センター会議第 2 部会シンポジウム「コロナ新時代における蛋白質科学研究」. 一般向け講演会
- 疋田貴俊 (2018) ころをつくる脳の蛋白質. 沖縄県平成 30 年度新学カグレードアップ推進事業. 高校生向け模擬授業
- 疋田貴俊 (2018) マウスの動きから脳のはたらきを知る. 大阪大学いちょう祭. イベント参加
- 疋田貴俊 (2017) 脳で働くタンパク質, 脳を調べるタンパク質. 大阪大学リサーチクラウドカフェ. サイエンスカフェ
- 疋田貴俊 (2017) ころをつくるタンパク質. 第 10 回高校生のための特別公開講座: 蛋白質-生命を担うこの身近で不思議な物質. 高校生向け授業
- Macpherson T (2016) どうやって行動で学ぶ?. 日本学術振興会サイエンス・ダイアログ. 高校生向け授業

<A02 運動と行動 公募研究 後期>

井澤 淳: 感覚予測と報酬予測を統合するメタ学習機構: 計算論的理解と脳内基盤の解明

<雑誌論文>

- Sugiyama T, Schweighofer N, *Izawa J (2023) Reinforcement learning establishes a minimal metacognitive process to monitor and control motor learning performance. **Nature communications**, 14, 3988. (reviewed)
- *Izawa J, Higo N, Murata Y (2022) Accounting for the valley of recovery during post-stroke rehabilitation training via a model-based analysis of macaque manual dexterity. **Frontiers in rehabilitation sciences**, 3, 1042912. (reviewed)
- Sugiyama T, Nakae K, *Izawa J (2022) Transcranial magnetic stimulation on the dorsal premotor cortex facilitates human visuomotor adaptation. **NeuroReport**, 33, 16, 723-727. (reviewed)

- Wu Y, Morita M, *[Izawa J](#) (2022) Reward prediction errors, not sensory prediction errors, play a major role in model selection in human reinforcement learning. **Neural Networks**, 154, 109-121. (reviewed)
- Dal’Bello LR, *[Izawa J](#) (2022) Computational role of exploration noise in error-based de novo motor learning. **Neural Networks**, 153, 349-372. (reviewed)
- Ishikawa R, Ayabe-Kanamura S, *[Izawa J](#) (2021) The role of motor memory dynamics in structuring bodily self-consciousness. **iScience**, 24, 12, 103511. (reviewed)
- Dal’Bello LR, *[Izawa J](#) (2021) Task-relevant and task-irrelevant variability causally shape error-based motor learning. **Neural Networks**, 142, 583-596. (reviewed)
- Inoue T, Terada S, Matsuzaki M, *[Izawa J](#) (2021) A small-scale robotic manipulandum for motor control study with rodents. **Advanced Robotics**, 35, 13-14, 898-906. (reviewed)
- Tanamachi K, *[Izawa J](#), Yamamoto S, Ishii D, Yozu A, Kohno Y (2021) Experience of After-Effect of Memory Update Reduces Sensitivity to Errors During Sensory-Motor Adaptation Task. **Frontiers in Human Neuroscience**, 15, 602405. (reviewed)
- Kita K, Osu R, Hosoda C, Honda M, Hanakawa T, *[Izawa J](#) (2019) Neuroanatomical basis of individuality in muscle tuning function: neural correlates of muscle tuning. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, 13, 28. (reviewed)
- [井澤淳](#) (2020) 脳の計算理論からリハビリテーションロボットへの応用.
The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine, 57, 1, 56-63. (invited)
- <学会発表等>
- Yihao Wu, [Izawa J](#) (2021) The regret motivated reinforcement learning. 2021 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS).

飯野 雄一: ニューラルネットワークによる神経ネットワークの動作原理の解明

<雑誌論文>

- Sato H, Kunitomo H, Fei X, Hashimoto K, *[Iino Y](#) (2021) Glutamate signaling from a single sensory neuron mediates experience-dependent bidirectional behavior in *Caenorhabditis elegans*. **Cell Reports**, 35, 8, 109177.J
- *Tsuyuzaki K, Yamamoto K, Toyoshima Y, Sato H, Kanamori M, Teramoto T, Ishihara T, [Iino Y](#), Nikaido I (2023) WormTensor: a clustering method for time-series whole-brain activity data from *C. elegans*. **BMC Bioinformatics**, in press. (reviewed)
- Cheng D, Lee JS, Brown M, Ebert MS, McGrath PT, Tomioka M, [Iino Y](#), *Bargmann CI (2022) Insulin/IGF signaling regulates presynaptic glutamate release in aversive olfactory learning. **Cell Rep**, 41, 111685. (reviewed)
- Mabardi L, Sato H, Toyoshima Y, *[Iino Y](#), *Kunitomo H (2023) Different modes of stimuli delivery elicit changes in glutamate driven, experience-dependent interneuron response in *C. elegans*. **Neurosci Res**, 186, 33-42. (reviewed)
- Hiroki S, [Iino Y](#) (2022) The redundancy and diversity between two novel PKC isoforms that regulate learning in *Caenorhabditis elegans*. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 119, e2106974119. (reviewed)
- Hiroki S, Yoshitane H, Mitsui H, Sato H, Umatani C, Kanda S, Fukada Y, *[Iino Y](#) (2022) Molecular encoding and synaptic decoding of context during salt chemotaxis in *C. elegans*. **Nat Commun**, 13, e2928. (reviewed)
- Mori K, Koebis M, Nakao K, Kobayashi S, Kiyama Y, Watanabe M, Manabe T, [Iino Y](#), *Aiba A (2022) Loss of calyntenin paralogs disrupts interneuron stability and mouse behavior. **Mol Brain**, 15, 23. (reviewed)
- Ike Y, *Tomioka M, *[Iino Y](#) (2022) Involvement of HECT-type E3 ubiquitin ligase genes in salt chemotaxis learning in *Caenorhabditis elegans*. **Genetics**, 220, iyac025. (reviewed)
- *Tomioka M, Jang MS, [Iino Y](#) (2022) DAF-2c signaling promotes taste avoidance after starvation in *Caenorhabditis elegans* by controlling distinct phospholipase C isozymes. **Commun Biol**, 5, 30. (reviewed)
- Ide S, Kunitomo H, [Iino Y](#), Ikeda, K. (2021) *Caenorhabditis Elegans* Exhibits Morphine Addiction-like Behavior via the Opioid-like Receptor NPR-17. **Front Pharmacol**, 12, 802701. (reviewed)
- Sato H, Kunitomo H, Fei X, Hashimoto K, *[Iino Y](#) (2021) Simultaneous recording of behavioral and neural responses of free-moving nematodes. **STAR Protoc**, 2, 101011. (reviewed)
- Mori K, Yamauchi N, Wang H, Sato K, Toyoshima Y, *[Iino Y](#) (2021) Probabilistic generative modeling and reinforcement learning extract the intrinsic features of animal behavior. **Neural Netw**, 145, 107-120. (reviewed)
- Sakamoto K, *Soh Z, Suzuki M, [Iino Y](#), *Tsuji T (2021) Forward and backward locomotion patterns in *C. elegans* generated by a connectome-based model simulation. **Sci Rep**, 11, 13737. (reviewed)
- Sato H, Kunitomo H, Fei X, Hashimoto K *[Iino Y](#) (2021) Glutamate signaling from a single sensory neuron mediates experience-dependent bidirectional behavior in *Caenorhabditis elegans*. **Cell Reports**, 35, 109177. (reviewed)
- Park C, Sakurai Y, Sato H, Kanda S, [Iino Y](#), *Kunitomo H (2021) Roles of the ClC chloride channel CLH-1 in food-associated salt chemotaxis behavior of *C. elegans*. **eLife**, 10, e55701. (reviewed)

- Kunitomo H, *[Iino Y](#) (2020) *Caenorhabditis elegans* che-5 is allelic to gcy-22. **MicroPubl Biol**, 000313. (reviewed)
- Toyoshima Y, Wu S, Kanamori M, Sato H, Jang MS, Oe S, Murakami Y, Teramoto T, Park C, Iwasaki Y, Ishihara T, Yoshida R, *[Iino Y](#) (2020) Neuron ID dataset facilitates neuronal annotation for whole-brain activity imaging of *C. elegans*. **BMC Biol**, 18, 30. (reviewed)
- Kumar A, Baruah A, Tomioka M, [Iino Y](#), Kalita MC, *Khan M (2020) *Caenorhabditis elegans*: a model to understand host-microbe interactions. **Cell Mol Life Sci**, 77, 1229-1249. (reviewed)
- Jang MS, Toyoshima Y, Tomioka M, Kunitomo H, *[Iino Y](#) (2019) Multiple sensory neurons mediate starvation-dependent aversive navigation in *Caenorhabditis elegans*. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 37, 18673-18683, reviewed.
- Nagashima T, [Iino Y](#), *Tomioka M. (2019) DAF-16/FOXO promotes taste avoidance learning independently of axonal insulin-like signaling. **PLoS Genet**, 7, e1008297, reviewed.
- <学会発表等>
- *Matsumoto A, Zhang C, Isozaki A, Goda K, Toyoshima Y, [Iino Y](#) (2022) Investigating how worms integrate sensory and motor information in salt klinotaxis. CeNeuro2022 (*C. elegans* Topic Meeting: Neuronal Development, Synaptic Function and Behavior).
- Hiroki S, Sato H, Toyoshima Y, Mabardi L, Yoshitane H, Mitsui H, Kanamori M, Umatani C, Kanda S, Tomoioka M, Hashimoto K, Kunitomo H, Fukada Y, Ishihara T * [Iino Y](#) (2022) Molecules and neural network underlying salt preference. CeNeuro2022 (*C. elegans* Topic Meeting: Neuronal Development, Synaptic Function and Behavior)
- *Hiroki S, Yoshitane H, Fukada Y, Tomioka M, Ikeda M, Mori I, [Iino Y](#) (2021) Molecular Encoding and Synaptic Decoding of Memory of Chemical Concentration in *C. elegans*. 23rd International *C. elegans* Conference.
- Toyoshima Y, Wu S, Kanamori M, Sato H, Jang MS, Murakami Y, Oe S, Tokunaga T, Hirose O, Kuge S, Teramoto T, Iwasaki Y, Yoshida R, Ishihara T, [Iino Y](#) (2019) A pipeline of bio-image informatics for whole-brain imaging of *C. elegans* and analysis of the neural activity. The 20th International Conference of Systems Biology. (poster)
- [Iino Y](#) (2019) Molecular and neural network mechanisms for the alteration in taste evaluation of *C. elegans*. The 48th Naito conference. (invited oral)
- Kunitomo H, Sato H Mitsui H, [Iino Y](#) (2019) Molecular and neural mechanisms of salt concentration memory-dependent chemotaxis of *Caenorhabditis elegans*. The 48th Naito conference. (poster)
- Toyoshima Y, Wu S, Kanamori M, Sato H, Jang MS, Murakami Y, Oe S, Tokunaga T, Hirose O, Kuge S, Teramoto T, Iwasaki Y, Yoshida R, Ishihara T, [Iino Y](#) (2019) Bio-image informatics for whole-brain activity imaging of *C. elegans*. 22th International *C. elegans* Meeting. (invited, workshop, oral)
- Jang MS, [Iino Y](#) (2019) Two distinct sets of chemosensory neurons involved in food-related navigation. 22th International *C. elegans* Meeting. (oral)
- *Sato H, Kunitomo H, Fei X, Hashimoto K, [Iino Y](#) (2019) Neural dynamics for bidirectional regulation of experience-dependent gustatory behavior. 22th International *C. elegans* Meeting. (oral)
- Matsumoto A, Toyoshima Y, [Iino Y](#) (2019) Integration of Detected Salt Concentrations with Motor State Mediated by a Single Interneuron in *C. elegans*. 22th International *C. elegans* Meeting. (poster)
- *Tazawa UT, Kuze K, Matsumoto A, Toyoshima Y, Oe S, Teramoto T, Ishihara T, [Iino Y](#) (2022) Analysis of neural activity underlying turning movement by tracking-imaging of freely moving *C. elegans*. NEURO2022.
- *松本朱加, 豊島有, Zhang C, 磯崎瑛宏, 合田圭介, [飯野雄一](#) (2021) 線虫の塩走性における感覚運動統合と行動制御の神経機構の解明. 第44回日本分子生物学会年会.
- *永田大貴, 豊島有, 佐藤博文, 久世晃暢, 寺本孝行, 石原健, [飯野雄一](#) (2021) 線虫 *C. elegans* の頭部全神経イメージングデータを用いた神経活動解析. 第44回日本分子生物学会年会.
- *里見紗弥子, 國友博文, [飯野雄一](#) (2021) ASEL 神経における塩応答機構の解明. 線虫研究の未来を創る会 2021.
- *山内直寛, 森啓太, [飯野雄一](#), 銅谷賢治 (2021) 線虫の行動制御神経回路機構の強化学習による探索. 第44回日本神経科学大会.
- Matsumoto A, Toyoshima Y, [Iino Y](#) (2019) Investigating the mechanisms of integration of sensory and motor information in salt chemotaxis of *C. elegans*. 第42回日本分子生物学会年会. (poster)
- 佐藤博文, 國友博文, Fei X, 橋本浩一, [飯野雄一](#) (2019) 経験塩濃度依存的な行動を制御する神経回路の動態. 第42回日本分子生物学会年会. (poster)
- Toyoshima Y, Stephen Wu, Kanamori M, Sato H, Jang MS, Murakami Y, Oe S, Tokunaga T, Hirose O, Kuge S, Teramoto T, Iwasaki Y, Yoshida R, Ishihara T, [Iino Y](#) (2019) Bio-image informatics for whole brain activity imaging and analysis of neural activity of *C. elegans*. 第57回日本生物物理学会年会. (Workshop, oral)

飯野雄一, 豊島有, 佐藤博文, ウ ステファン, ジャン ムンソン, 金森真奈美, 寺本孝行, 大江紗, 村上悠子, 久下小百合, 広瀬修, 徳永旭将, 岩崎唯史, 吉田亮, 石原健(2019) 線虫 *C. elegans* の神経ネットワークのダイナミクス. 第 90 回日本動物学会大会. (Symposium oral)

Toyoshima Y, Sato H, Kanamori M, Wu S, Jang MS, Oe S, Murakami Y, Tokunaga T, Hirose O, Kuge S, Teramoto T, Iwasaki Y, Yoshida R, Ishihara T, Iino Y (2019) Exploring the origin of brain and central nervous system through monitoring the neural activity of the whole animal. 第 42 回日本神経科学大会. (Symposium, oral)

<報道発表>

飯野雄一 (Univ Tokyo) (2022) 線虫の記憶の全貌: 濃さの記憶を担うタンパク質とその情報を読みだす新たな仕組みの発見.

飯野雄一 (Univ Tokyo) (2021) 困ったときは兄弟に— 学習行動を制御するタンパク質をよく似たタンパク質がサポートする —.

飯野雄一 (Univ Tokyo) (2021) 進むべきか戻るべきか? —過去の経験を基にして行動を逆転させる機構の解明—.

飯野雄一 (Univ Tokyo) (2021) CIC チャネルによる味覚応答の調節.

飯野雄一 (Univ Tokyo) (2020) 線虫の全脳神経活動を 1 細胞レベルで神経回路にマッピングする方法の開発.

飯野雄一 (Univ Tokyo) (2019) 飢餓を感知する感覚神経は新たな行動戦略を生み出す.

井上謙一: 霊長類の前頭前野を巡る「行動選択」神経ネットワークの構築様式

<雑誌論文>

Inagaki M, Inoue K, Tanabe S, Kimura K, Takada M, Fujita I (2023) Morphological changes of large layer V pyramidal neurons in cortical motor-related areas after spinal cord injury in macaque monkeys. **Cereb Cortex**, 33, 895-915. (reviewed)

Mimura K, Nagai Y, Inoue K, Matsumoto J, Hori Y, Sato C, Kimura K, Okauchi T, Hirabayashi T, Nishijyo H, Yahata N, Takada M, Suhara T, Higuchi M, *Minamimoto T (2021) Chemogenetic activation of nigrostriatal dopamine neurons in freely moving common marmosets. **iScience**, 24, 103066. (reviewed)

Oguchi M, Jiasen J, Yoshioka TW, Tanaka YR, Inoue K, Takada M, Kikusui T, Nomoto K, *Sakagami M. (2021) Microendoscopic calcium imaging of the primary visual cortex of behaving macaques. **Sci Rep**, 11, 17021. (reviewed)

Labuguen RT, *Matsumoto J, Negrete SB, Nishimaru H, Nishijo H, Takada M, Go Y, Inoue K, *Shibata T (2021) MacaquePose: a novel ‘in the wild’ macaque monkey pose dataset for markerless motion capture. **Front Behav Neurosci**, 14, 581154. (reviewed)

*Lu X, Inoue K, Ohmae Uchida SY (2020) New Cerebello-Cortical Pathway Involved in Higher-Order Oculomotor Control. **Cerebellum**, 19, 401-408. (reviewed)

*Ninomiya T, Inoue K, Hoshi E, Takada M (2019) Layer specificity of inputs from supplementary motor area and dorsal premotor cortex to primary motor cortex in macaque monkeys. **Scientific Reports**, 9, 18230. (reviewed)

<学会発表等>

Negrete SB, Labuguen R, Matsumoto J, Go Y, Inoue K, Shibata T (2021) Multiple Monkey Pose Estimation Using OpenPose. 25th International Conference on Pattern recognition (**ICPR 2021**).

Inoue K (2020) Pathway-selective activity manipulation in the primate brain by means of modified viral vectors. 7th ESI Systems Neuroscience Conference 2020 (**ESI SyNC 2020**).

Kimura K, Nagai Y, Tanabe S, Zheng A, Fujiwara M, Nakano M, Minamimoto T, Inoue K, Takada M (2019) The modified adeno associated virus vectors enable neuron specific efficient gene transduction in the primate brain. **Neuroscience 2019**.

Inagaki M, Inoue K, Takada M, Fujita I (2019) Fast subcortical processing of emotional faces: evidence from physiology and anatomy in macaque monkeys. 42nd edition of the European Conference on Visual Perception (**ECVP 2019**).

Labuguen R, Bardeloza DK, Blanco SN, Matsumoto J, Inoue K, Shibata T (2019) Primate Markerless Pose Estimation and Movement Analysis Using DeepLabCut. Joint 2019 8th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (**ICIEV**) & 3rd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (**IVPR**).

吉野倫太郎, 木村慧, 田辺創思, 大原慎也, 中村晋也, 井上謙一, 高田昌彦, 筒井健一郎 (2020) マカケル内側前頭皮質の側坐核及び扁桃核への投射様式の違いによる領域区分. 第 43 回日本神経科学大会.

小口-田中峰樹, 蔣嘉森, 吉岡敏秀, 田中康裕, 井上謙一, 高田昌彦, 菊水健史, 野元謙作, 坂上雅道(2020) マカケ一次視覚野における微小内視鏡を用いたカルシウムイメージング. 第 43 回日本神経科学大会.

稲垣未来男, 井上謙一, 田辺創思, 木村慧, 高田昌彦, 藤田一郎 (2020) マカカ属サルにおける上丘から扁桃体への多シナプス性経路. 第43回日本神経科学大会.

井上謙一 (2019) 霊長類における光遺伝学を利用した神経回路操作. 日本動物学会第90回大阪大会.

小林 和人: 刺激弁別の学習フェーズにおける線条体細胞タイプ特異的な神経活動の可視化

<雑誌論文>

Kikuta S, Iguchi Y, Kakizaki T, Kobayashi K, Yanagawa Y, Takada M, Osanai M. (2019) Store-operated calcium channels are involved in spontaneous slow calcium oscillations in striatal neurons. **Frontiers in Cellular Neuroscience-Cellular Neurophysiology**, 13, 547, 44205.

松本 英之: 行動選択におけるドーパミン神経回路の並列情報処理機構の解明

<雑誌論文>

Yoshida R, Takamori M, Matsumoto H, *Miura K (2023) Tropical support vector machines: Evaluations and extension to function spaces. **Neural Networks**, 157, 77-89. (reviewed)

Tsutsui-Kimura I, Matsumoto H, Akiti K, Yamada MM, Uchida N, *Watabe-Uchida M (2020) Distinct temporal difference error signals in dopamine axons in three regions of the striatum in a decision-making task. **eLife**, 9, e62390. (reviewed)

Ishikawa T+, Matsumoto H +, *Miura K (2019) Identification of midbrain dopamine neurons using features from spontaneous spike activity patterns. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, 2019, 2990-2993. (reviewed)

<学会発表等>

*Matsumoto H, Mizuseki K. (2023) Dopamine neurons convey distinct motivational signals in a self-paced decision-making task. Annual Meeting of The Physiological Society of Japan.

*Matsumoto H. (2022) Pathway-specific signals of midbrain dopamine neurons in reward-based decisions. The NIPS Research Meeting. (invited)

*Matsumoto H, Mizuseki K. (2021) Pathway-specific roles of midbrain dopamine neurons in reward-based decisions. The 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.

*Matsumoto H. (2019) High-resolution Opto-Electrophysiology: a new tool for analyzing brain functions. International Workshop on Quantum Sensing and Biophotonic. (invited)

*Matsumoto H, Mizuseki K. (2019) Information processing of the ventral tegmental area neurons in reward-based adaptive decision-making. 次世代脳プロジェクト 冬のシンポジウム

*Matsumoto H, Mizuseki K. (2019) Information processing of the ventral tegmental area neurons in reward-based decision-making. The 42nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.

<書籍>

松本英之, 内田光子, 内田直滋 (2020). 強化学習とドーパミンの多様性, クバプロ. (77-101)

内部 英治: モデルフリーとモデルベースの協同による深層並列強化学習

<雑誌論文>

Matsuo Y, Lecun Y, Sahani M, Precup D, Silver D, Sugiyama M, Uchibe E, *Morimoto, J (2022) Deep learning, reinforcement learning, and world models. **Neural Networks**, 152, 267-275. (reviewed)

Macpherson T, Matsumoto M, Gomi H, Morimoto J, Uchibe E, *Hikida, T (2021) Parallel and hierarchical neural mechanisms for adaptive and predictive behavioral control. **Neural Networks**, 144, 507-521. (reviewed)

*Uchibe E, Doya K (2021) Forward and inverse reinforcement learning sharing network weights and hyperparameters. **Neural Networks**, 144, 138-153. (reviewed)

*Wang J, Elfving S, Uchibe E (2021) Modular deep reinforcement learning from reward and punishment for robot navigation. **Neural Networks**, 135, 115-126. (reviewed)

Ohnishi S, *Uchibe E, Yamaguchi Y, Nakanishi K, Yasui Y, Ishii S (2019) Constrained Deep Q-Learning Gradually Approaching Ordinary Q-Learning. **Frontiers in Neurobotics**, 13, 103. (reviewed)

<学会発表等>

Uchibe E (2020) Latent brain dynamics estimation and deep generative imitation learning. 31st U.S.-Japan Technology Forum.

Uchibe E (2020) Parallel deep reinforcement learning with model-free and model-based methods. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.

*Uchibe E (2019) Imitation learning under entropy regularization. Reinforcement Learning & Biological Intelligence.

*内部英治 (2022) モデルベースとモデルフリー強化学習システム間の非同期競合と協調. Neuro2022.

*内部英治 (2021) 並列深層強化学習. 第15回 Motor Control 研究会.

- *内部英治 (2021) モデルフリーとモデルベース強化学習のための非同期並列学習. 第 35 回人工知能学会全国大会 (JSAI 2021).
 - *内部英治 (2020) モデルフリーとモデルベースの協同による並列深層強化学習. 第 34 回人工知能学会全国大会 (JSAI 2020).
 - * Uchibe E (2019) Parallel reward and punishment learning under entropy regularization. 第 29 回日本神経回路学会全国大会 (JNNS 2019).
 - *内部英治 (2019) 強化学習と逆強化学習を組み合わせた模倣学習. 第 25 回ステアラボ人工知能セミナー.
 - *内部英治 (2019) 階層強化学習の進展. 第 13 回 Motor Control 研究会.
- <受賞>
- 内部英治 (2021) モデルフリーとモデルベース強化学習のための非同期並列学習. 人工知能学会 2021 年度全国大会優秀賞.

<A02 運動と行動 公募研究 前期>

井澤 淳: 感覚予測と報酬予測に基づく運動学習の計算理論的理解と脳内基盤の解明

<雑誌論文>

- Lee K, Oh Y, Izawa J, Schweighofer N (2018) Sensory prediction errors, not performance errors, update memories in visuomotor adaptation. **Scientific Reports**, 8, 16483. (reviewed)
- Fujiwara Y, Lee J, Ishikawa T, Kakei S, *Izawa J (2017) Diverse coordinate frames on sensorimotor areas in visuomotor transformation. **Scientific Reports**, 7, 1, 14950. (reviewed)

<学会発表等>

- Tanno T, Horie K, Izawa J, Morita M (2017) Robustness of Selective Desensitization Perceptron Against Irrelevant and Partially Relevant Features in Pattern Classification. In International Conference on Neural Information Processing.

井上謙一: 行動選択の回路モデル構築のための前頭前野—大脳基底核・小脳連関の構築様式の解明

<雑誌論文>

- Hidaka Y, Lim CK, Takayama-Ito M, Park CH, Kimitsuki K, Shiwa N, Inoue K, *Itou T (2018) Segmentation of the rabies virus genome. **Virus Research**, 252, 68-75. (reviewed)
- Inoue K +, Ishida H+, *Takada M (2018) Multisynaptic projections from the amygdala to the ventral premotor cortex in macaque monkeys: Anatomical substrate for feeding behavior. **Front Neuroanat**, 12, 3. (reviewed)
- *Saga Y, Nakayama Y, Inoue K, Yamagata T, Hashimoto M, Tremblay L, Takada M, Hoshi E (2017) Visuomotor signals for reaching movements in the rostro-dorsal sector of the monkey thalamic reticular nucleus. **Eur J Neurosci**, 45, 1186-1199. (reviewed)

<学会発表等>

- Inoue K (2019) Pathway-selective optogenetics for elucidating neural network function in primates. DFG-AMED joint Workshop "New Direction in Systems Neuroscience".
- Inoue K (2018) Development of viral vectors for delivering functional molecules into nonhuman primate brains. Genetic technologies for systems neurosciences in non-human primates.
- Inoue K (2018) Manipulation of primate neural networks by means of modified viral vectors. International Conference "Viral Manipulation in Monkey".
- Uezono S, Tanabe S, Fujiwara M, Tsuge H, Nakamura K, Inoue K, Takada M (2017) Organization of multisynaptic inputs from the basal ganglia and cerebellum to the anterior and posterior cingulate cortical areas in common marmosets: Retrograde transneuronal double labeling with fluorescent rabies viral vectors. Neuroscience 2017.
- Inoue K, Fujiwara M, Uezono S, Tanabe S, Ishida H, Hoshi E, Takada M (2017) Arrangement of multisynaptic inputs from the basal ganglia to the dorsal and ventral premotor cortical areas in macaques: retrograde transneuronal double labeling with fluorescent rabies viral vectors. Neuroscience 2017.
- Inoue K (2017) Pathway-selective optogenetics for elucidating neural network function in primates. Neuroscience 2017.
- Inoue K (2017) Pathway-selective manipulation of neural circuits. NIMH Workshop "Neural Circuits: Gaps and Opportunities".
- Inoue K, Fujiwara M, Uezono S, Tanabe S, Ishida H, Hoshi E, Takada M (2017) Organization of multisynaptic inputs from the basal ganglia to the premotor cortex in macaque monkeys - Retrograde transneuronal dual tracing using rabies viral vectors. Cold Spring Harbor Asia Conference: Primate Neuroscience.
- Ishida H, Inoue K, Hoshi E, Takada M (2017) Cells of origin of multisynaptic projections from amygdala to ventral premotor cortex in macaques. Different elements of Primate Neural Networks in the Connectome Era.

- 木村慧, 永井裕司, 田辺創思, Zheng A, Oh J, 藤原真紀, 中野真由子, 南本敬史, 井上謙一, 高田昌彦 (2019) 霊長類脳への神経細胞特異的かつ高効率な遺伝子導入を実現する改変 AAV ベクターの開発. 第 8 回 生理研-霊長研-新潟脳研 合同シンポジウム.
- 井上謙一 (2019) ウイルスベクターを利用した霊長類における神経ネットワーク操作. 玉川大学総合人間科学ワークショップ.
- Labuguen R, Gaurav V, Blanco SN, Matsumoto J, Inoue K, Shibata T (2018) Monkey Features Location Identification Using Convolutional Neural Networks. 第 28 回日本神経回路学会・全国大会.
- 上園志織, 田辺創思, 藤原真紀, 柘植仁美, 中村克樹, 井上謙一, 高田昌彦 (2018) マーモセットの帯状皮質を巡る基底核連関構築様式. 第 33 回 日本大脳基底核研究会.
- Inoue K (2018) Development of viral vectors for delivering functional molecules into nonhuman primate brains. International Workshop "Monitoring and manipulating brain function in non-human primates".
- Kimura K, Tanabe S, Fujiwara M, Nagai Y, Minamimoto T, Inoue K, Takada M (2018) Neuron-specific efficient gene transduction in the primate brain with Morphological modified AAV vectors. International Workshop "Monitoring and manipulating brain function in non-human primates".
- Mimura K, Nagai Y, Inoue K, Matsumoto J, Suhara T, Nishijo H, Takada M, Minamimoto T (2018) Using PET imaging to monitor chemogenetic manipulation of nigrostriatal dopamine system in common marmoset. International Workshop "Monitoring and manipulating brain function in non-human primates".
- Inoue K (2018) Development of viral vectors for delivering functional molecules into nonhuman primate brains. 第 41 回日本神経科学大会.
- Mimura K, Nagai Y, Inoue K, Suhara T, Takada M, Minamimoto T (2018) Using PET imaging to monitor chemogenetic manipulation of nigrostriatal dopamine system in common marmoset. 第 41 回日本神経科学大会.
- Kimura K, Tanabe S, Fujiwara M, Nakano M, Nagai Y, Minamimoto T, Inoue K, Takada M (2018) Neuron-specific efficient gene transduction in the primate brain with modified AAV vectors. 第 41 回日本神経科学大会.
- 南本敬史, 三村喬生, 永井裕司, 井上謙一, 須原哲也, 高田昌彦 (2018) 化学遺伝学と PET イメージングの融合による黒質線条体ドーパミン神経活動制御. 第 7 回日本マーモセット研究会大会.
- 上園志織, 田辺創思, 藤原真紀, 柘植仁美, 中村克樹, 井上謙一, 高田昌彦 (2018) マーモセットにおける大脳基底核および小脳から前部・後部帯状皮質への多シナプス性入力様式. 第 7 回日本マーモセット研究会大会.
- 井上謙一 (2017) 霊長類における光遺伝学を利用した神経回路操作. 日本学術振興会 光電相互変換第 125 委員会 第 239 回研究会 「光技術が切り開く新しいバイオサイエンス・テクノロジー」.
- Ishida H, Inoue K, Hoshi E, Takada M (2017) Cells of origin of multisynaptic projections from amygdala to ventral premotor cortex in macaques. 平成 29 年度生理研研究会 第 7 回社会神経科学研究会.
- 日高侑也, 林昌宏, 伊藤睦代, 朴天鍋, 君付和範, 井上謙一, 小林由紀, 伊藤琢也(2017) 狂犬病ウイルスゲノムの分節化. 第 160 回日本獣医学会学術集会.
- Uezono S, Tsuge H, Tanabe S, Fujiwara M, Nagaya N, Nagaya K, Inoue K, Takada M (2017) Organization of multisynaptic inputs from the basal ganglia and cerebellum to the cingulate cortex in common marmosets as revealed by retrograde transneuronal labeling with rabies virus. 第 40 回日本神経科学大会.
- Inoue K, Fujiwara M, Uezono S, Tanabe S, Tsuge H, Nagaya N, Nagaya K, Ishida H, Hoshi E, Takada M (2017) Organization of multisynaptic inputs from the basal ganglia to the dorsal and ventral premotor cortices in macaque monkeys: retrograde transneuronal dual tracing with fluorescent rabies viral vectors. 第 40 回日本神経科学大会.
- 上園志織, 田辺創思, 藤原真紀, 柘植仁美, 中村克樹, 井上謙一, 高田昌彦 (2018) マーモセットにおける大脳基底核から帯状皮質への多シナプス性入力様式. 第 32 回日本大脳基底核研究会.

内部 英治: 並列深層強化学習

<雑誌論文>

- *Uchibe E (2018) Cooperative and Competitive Reinforcement and Imitation Learning for a Mixture of Heterogeneous Learning Modules. **Frontiers in Neurorobotics**, 12. (reviewed)"
- *Elfving S, Uchibe E, Doya K (2018) Sigmoid-weighted linear units for neural network function approximation in reinforcement learning. **Neural Networks**, 107, 3-11. (reviewed)"
- Kinjo K, * Uchibe E, Doya K (2017) Robustness of linearly solvable Markov games employing inaccurate dynamics model. **Artificial Life and Robotics**, 23, 1-9. (reviewed)
- * Uchibe E (2017) Model-Free Deep Inverse Reinforcement Learning by Logistic Regression. **Neural Processing Letters**, 47, 891-905. (reviewed)

*内部英治, 王潔心 (2017) ロボット制御のための決定論的方策探査法. 日本神経回路学会誌, 4, 195-203.

(invited)

<学会発表等>

* Uchibe E (2018) Cooperative and competitive reinforcement and imitation learning. 8th Joint IEEE International Conferene on Developmental Learning and on Epigenetic Robotics (**ICDL-EpiRob 2018**).

* Wang J, Elfwing S, Uchibe E (2018) Deep reinforcement learning by parallelizing reward and punishment using MaxPain architecture. 8th Joint IEEE International Conferene on Developmental Learning and on Epigenetic Robotics (**ICDL-EpiRob 2018**)

* Uchibe E (2018) Efficient sample reuse in policy search by multiple importance sampling. Genetic and Evolutionary Computation Conference (**GECCO 2018**).

* Elfwing S, Uchibe E, Doya K (2018) Online meta-learning by parallel algorithm competition. Genetic and Evolutionary Computation Conference (**GECCO 2018**).

* Uchibe E (2017) Deep inverse reinforcement learning. 3rd International Workshop on Intrinsically Motivated Open-ended learning.

* Uchibe E (2017) Deep inverse reinforcement learning. 3rd International Workshop on Intrinsically Motivated Open-ended learning.

* Uchibe E (2018) Forward and inverse reinforcement learning and generative adversarial formulation. NC/IBISML/IPSJ-MPS/IPSJ-BIO 合同研究会.

* 内部英治 (2018) 方策探査法のための多重重点サンプリングを用いた経験再利用. ロボティクス・メカトロニクス講演会 (**ROBOMECH 2018**).

* Wang J, Uchibe E (2018) EM-based policy search for learning foraging and mating behaviors. ロボティクス・メカトロニクス講演会 (**ROBOMECH 2018**).

* 内部英治 (2017) ディープ NN による順・逆強化学習. 第 27 回日本神経回路学会全国大会 (**JNNS 2017**).

<A03 認知と社会性 計画研究>

A03-1 谷口忠大: 感覚運動と言語をつなぐ二重分節解析の脳内計算過程の理解と応用

<雑誌論文>

* Taniguchi T, Hafi LE, Hagiwara Y, Taniguchi A, Shimada N, Nishiura T (2021) Semiotically Adaptive Cognition: Toward the Realization of Remotely-Operated Service Robots for the New Normal Symbiotic Society. **Advanced Robotics**, 35, 664-674. (reviewed)

Friston K, Moran RJ, Nagai Y, Taniguchi T, *Gomi H, Tenenbaum J (2021) World model learning and inference. **Neural Networks**, 144, 573-590. (reviewed)

* Katsumata Y, Kanechika A, Taniguchi A, Hafi LE, Hagiwara Y, Taniguchi T (2022) Map completion from partial observation using the global structure of multiple environmental maps. **Advanced Robotics**, 36, 279-290. (reviewed)

* Taniguchi T, Yamakawa H, Nagai T, Doya K, Sakagami M, Suzuki M, Nakamura T, Taniguchi A (2022) A whole brain probabilistic generative model: Toward realizing cognitive architectures for developmental robots. **Neural Networks**, 150, 293-312. (reviewed)

* Taniguchi A, Fukawa A, Yamakawa H (2022) Hippocampal formation-inspired probabilistic generative model. **Neural Networks**, 15, 317-335. (reviewed)

* Sagara R, Taguchi R, Taniguchi A, Taniguchi T (2022) Automatic Selection of Coordinate Systems for Learning Relative and Absolute Spatial Concepts. **Frontiers in Robotics and AI**, 9. (reviewed)

* Sagara R, Taguchi R, Taniguchi A, Taniguchi T, Hattori K, Hoguro M, Umezaki T (2021) Unsupervised Lexical Acquisition of Relative Spatial Concepts Using Spoken User Utterances. **Advanced Robotics**, 36, 1-2, 59-70. (reviewed)

Ikutani Y, Kubo T, Nishida S, Hata H, Matsumoto K, Ikeda K, Nishimoto S (2020) Expert programmers have fine-tuned cortical representations of source code. **Eneuro**, 8, 1. (reviewed)

Taniguchi A, Hagiwara Y, Taniguchi T, Inamura T (2020) Spatial Concept-Based Navigation with Human Speech Instructions via Probabilistic Inference on Bayesian Generative Model. **Advanced Robotics**, 34, 19, 1213-1228. (reviewed)

Kinose A, Taniguchi T (2020) Integration of imitation learning using GAIL and reinforcement learning using task-achievement rewards via probabilistic graphical model. **Advanced Robotics**, 34, 16, 1055-1067. (reviewed)

Briones J, Kubo T, Ikeda K (2020) Extraction of Hierarchical Behavior Patterns Using a Non-parametric Bayesian Approach. **Frontiers in Computer Science**, 2. (reviewed)

Taniguchi A, Hagiwara Y, Taniguchi T, Inamura T (2020) Improved and scalable online learning of spatial concepts and language models with mapping. **Autonomous Robots**, 44(6), pp.927-946, 2020. (reviewed)

Shirasuna M, Honda H, Matsuka T, Ueda K (2020) Familiarity-matching: an ecologically rational heuristic for the relationships-comparison task. **Cognitive Science**, 44, 4, e12806. (reviewed)

- Taniguchi T, Nakamura T, Suzuki M, Kuniyasu R, Hayashi K, Taniguchi A, Horii T, Nagai T (2019) Neuro-serket: development of integrative cognitive system through the composition of deep probabilistic generative models. **New Generation Computing**, 84, 23-48. (reviewed)
- Tada Y, Hagiwara Y, Tanaka H, Taniguchi T (2020) Robust understanding of robot-directed speech commands using sequence to sequence with noise injection. **Frontiers in Robotics and AI**, 6, 144, 1-12. (reviewed)
- Toshihiko M, Kawabata Y, Xu K (2019) Effect of incomplete memorization in a computational model of human cognition. **Neural Information Processing, Communication in Computer and Information Science**, 1142, 548-556. (reviewed)
- Taniguchi T, Ugur E, Hoffmann M, Jamone L, Nagai T, Rosman B, Matsuka T, Iwahashi N, Oztop E, Piater J, Wörgötter F (2018) Symbol emergence in cognitive developmental systems: a survey. **IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems**, 11, 4, 494-516. (reviewed)
- Ishige M, Umedachi T, Taniguchi T, Kawahara Y (2019) Exploring Behaviors of Caterpillar-Like Soft Robots with a Central Pattern Generator-Based Controller and Reinforcement Learning. **Soft Robotics**, 6, 5 (reviewed)
- Nakashima R, Ozaki R, Taniguchi T (2019) Unsupervised phoneme and word discovery from multiple speakers using double articulation analyzer and neural network with parametric bias. **Frontiers in Robotics and AI**, 6, 92 (reviewed)
- Taniguchi T, Mochihashi D, Nagai T, Uchida S, Inoue N, Kobayashi I, Nakamura T, Hagiwara Y, Iwahashi N, Inamura T (2019) Survey on frontiers of language and robotics. **Advanced Robotics**, 33, 15-16, 700-730. (reviewed)
- Doya K, Taniguchi T (2019) Toward evolutionary and developmental intelligence. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, 29, 91-96. (reviewed)
- Katsumata Y, Taniguchi A, Hagiwara Y, Taniguchi T (2019) Semantic mapping based on spatial concepts for grounding words related to places in daily environments. **Frontiers in Robotics and AI**, 6, 31, 1-31. (reviewed)
- * Honda H, Fujisaki I, Matsuka T, Ueda K (2018) Typicality or fluency? a comparison of two hypotheses about cognitive effects of japanese script. **Experimental Psychology**, 65, 4, 210-217. (reviewed)
- Taniguchi T, Yoshino R, Takano T (2018) Multimodal hierarchical dirichlet process-based active perception by a robot. **Frontiers in Neurorobotics**, 12, 22. (reviewed)
- * Liu H, Taniguchi, Takenaka K, Bando T (2018) Defect-repairable latent feature extraction of driving behavior via a deep sparse autoencoder. **Sensors**, 18, 2, 608. (reviewed)
- *Taniguchi A, Taniguchi T, Inamura T (2018) Unsupervised spatial lexical acquisition by updating a language model with place clues. **Robotics and Autonomous Systems**, 99, 166-180. (reviewed)
- Liu H, Taniguchi T, Tanaka Y, Takenaka K, Bando T (2017) Visualization of driving behavior based on hidden feature extraction by using deep learning. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, 1-13. (reviewed)
- 谷口忠大 (2021) 認知システムの統合によるロボットの言語理解と記号創発—確率的生成モデルに基づく記号創発システム論の展開—. **日本ロボット学会誌**, 39, 5, 405-410.
- 谷口彰, Hafi LE, 萩原良信, 谷口忠大 (2022) 記号創発ロボティクスにおける場所概念の形成と応用. **システム制御情報学会誌**, 66, 4, 133 – 138.
- 田口亮, 相良陸成 (2022) 曖昧な教示音声を利用した相対的な位置概念の学習. **システム制御情報学会誌**, 66, 4, 127-132.
- <書籍>
- アンジェロ・カンジェロシ, マシュー・シュレシンジャー(著)岡田浩之, 谷口忠大(監訳)(2017) Functional division among prefrontal cortical areas in an analog of Wisconsin Card Sorting Test. **Prefrontal Cortex as an Executive, Emotional, and Social Brain**, Watanabe M, Springer. (17-46)
- Taniguchi T (2022) 結局, AI ってなんなの? 『地球外少年少女』磯光雄監督×AI 研究者・谷口忠大教授対談. **Business Insider Japan**.
- <学会発表等>
- Taniguchi T (2022) Metropolis-Hasting naming game for symbol emergence. 3rd SMILES WORKSHOP, satellite **ICDL 2022**.
- Taniguchi T (2021) Generative Models for Symbol Emergence based on Real-World Sensory-motor Information and Communication. The 15th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (**CMMR 2021**)
- Taniguchi T (2021) Symbol Emergence in Robotics: Probabilistic Generative Models for Realizing Real-world Cognition. Fifth International Workshop on Symbolic-Neural Learning (**SNL-2021**).
- Taniguchi T (2022) Consciousness and Symbol Emergence Systems. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science 2022.

- *Taniguchi A, Muro M, Yamakawa H, Taniguchi T (2022) Brain-inspired probabilistic generative model for double articulation analysis of spoken language. IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL 2022).
- *Wang J, Hafi LE, Taniguchi A, Hagiwara Y, Taniguchi T (2022) Extending HoloGAN by Embedding Image Content into Latent Vectors for Novel View Synthesis. IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2022).
- Kawabata Y, Matsuka T (2021) Aizuchi as a sign of internal information processing and its interpretations by listeners. 2021 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC).
- Xu K, Nagata N, Matsuka T (2021) Modeling the dynamics of observational behaviors base on observers' personality traits using hidden Markov Models. 2021 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference, APSIPA ASC 2021.
- *Sagara R, Taguchi R, Taniguchi A, Taniguchi T (2021) Simultaneous Learning of Relative and Absolute Spatial Concepts Without Any Prior Distinction. IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2021).
- *Taniguchi T, Hafi LE, Hagiwara Y, Taniguchi A, Shimada N, Nishiura T (2021) Development of Semiotically Adaptive Cognition For Realizing Remotely Operated Service Robots in New Normal Society. IEEE International Conference on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO).
- *Sakamoto S, Taniguchi A, Taniguchi T, Kameoka H (2021) StarGAN-VC+ASR: StarGAN-based Non-Parallel Voice Conversion Regularized by Automatic Speech Recognition. INTERSPEECH 2021.
- *Moritani A, Ozaki R, Sakamoto S, Kameoka H, Taniguchi T (2021) StarGAN-based Emotional Voice Conversion for Japanese Phrases. Asia-Pacific Signal and Information Processing Association (APSIPA 2021).
- Yoshino R, Takano T, Tanaka H, Taniguchi T (2021) Active Exploration for Unsupervised Object Categorization Based on Multimodal Hierarchical Dirichlet Process. 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2021).
- Hayashi K, Zheng W, Hafi LE, Hagiwara Y, Taniguchi T (2021) Bidirectional Generation of Object Images and Positions using Deep Generative Models for Service Robotics Applications. IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2021).
- Katsumata Y, Taniguchi A, Hafi LE, Hagiwara Y, Taniguchi T (2020) SpCoMapGAN: Spatial Concept Formation-based Semantic Mapping with Generative Adversarial Networks. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS).
- Honda H, Matsuka T, Ueda K. (2020) The effect of context on decisions: Decision by sampling based on probabilistic beliefs. Annual Conference of the Cognitive Science Society (COGSCI 2020).
- Gu Y, Honda H, Matsuka T, Ueda K (2020) The rational side of decision "bias" based on verbal probabilities. Annual Conference of the Cognitive Science Society (COGSCI 2020).
- Taniguchi T (2020) Symbol Emergence in Robotics: Integrative Probabilistic Generative Models for Developmental Human-Robot Communication in the Real-world Environment. IEEE Ubiquitous Robots 2020.
- Taniguchi T (2020) Symbol Emergence in Robotics: Pursuing Integrative Cognitive Architecture using Probabilistic Generative Models for Real-world Language Acquisition. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.
- Katsumata Y, Hafi LE, Taniguchi A, Hagiwara Y, Taniguchi T (2019) Integrating Simultaneous Localization and Mapping with Map Completion Using Generative Adversarial Networks. IROS 2019 Workshop on Deep Probabilistic Generative Models for Cognitive Architecture in Robotics.
- Itoh TD, Kubo T, Ikeda Kiyoka, Maruno Y, Ikutani Y, Hata H, Matsumoto K, Ikeda K (2019) Towards generation of visual attention map for source code. 33rd Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2019) Workshop of Context and Compositionality in Biological and Artificial Neural Systems."
- Onuki Y, Honda H, Matsuka T, Ueda K (2019) Shift of probability weighting by joint and separate evaluations: analyses of cognitive processes based on behavioral experiment and cognitive modeling. the 41st Annual Conference of the Cognitive Science Society."
- Ikutani Y, Koganti N, Hata H, Kubo T, Matsumoto K (2019) Toward imitating visual attention of experts in software development tasks. 6th International Workshop on Eye Movements in Programming (EMIP 2019).
- Taniguchi T (2019) Symbol emergence in robotics: towards developmental artificial embodied intelligence. NII Shonan Meetings on "From natural to artificial embodied intelligence: is Deep Learning the solution".
- Jeric Briones, Kubo T Ikeda K (2018) Detecting switching causal interactions using hierarchical segmentation approach. (NeurIPS 2018) Workshop on Causal Learning.

- Sagara R, Taguchi R, Taniguchi A, Taniguchi T, Hattori K, Hoguro M, Umezaki T (2018) Mutual learning of relative spatial concepts and phoneme sequences using spoken user utterances. **IROS2018** Workshop on Language and Robotics.
- Ozaki R, Taniguchi T (2018) Accelerated nonparametric bayesian double articulation analyzer for unsupervised word discovery. The 8th Joint IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics 2018.
- Taniguchi T, Fukusako Y, Takano T (2018) Bayesian noisy word clustering via sampling prototypical words. The 8th Joint IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics 2018.
- Honda H, Shirasuna M, Matsuka T, Ueda K (2018) Speakers' choice of frame based on reference point: with explicit reason or affected by irrelevant prime? the 40th Annual Conference of the Cognitive Science Society.
- Taniguchi T (2018) Unsupervised Language Acquisition by Robots with Hierarchical Bayesian Models. SBDM2018 Satellite-Workshop on interfaces between Robotics, Artificial Intelligence and Neuroscience.
- Taniguchi T (2018) Symbol Emergence in Robotics Towards Unsupervised Language Acquisition by Robots. Doing Digital Methods: Interdisciplinary Interventions.
- Taniguchi T (2018) Symbol Emergence in Robotics: Towards Architecture for Embodied Developmental General Artificial Intelligence. AEGAP 2018 Architectures and Evaluation for Generality, Autonomy & Progress in AI, 15th July 2018, STOCKHOLM, SWEDEN, 1ST INTERNATIONAL WORKSHOP HELD IN CONJUNCTION WITH IJCAI-ECAI 2018, AAMAS 2018 AND ICML 2018.
- Taniguchi T (2018) Constructive Approach towards Symbol Emergence Systems with Cognitive Robotics and Machine Learning. EVOSLACE (Workshop on the emergence and evolution of social learning, communication, language and culture in natural and artificial agents in ALIFE 2018).
- Taniguchi A, Hagiwara Y, Taniguchi T, Inamura T (2017) Online Spatial Concept and Lexical Acquisition with Simultaneous Localization and Mapping. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.
- Taniguchi A, Hagiwara Y, Taniguchi T, Inamura T (2017) SpCoSLAM: Online Multimodal Place Categorization, Spatial Lexical Acquisition and Mapping by a Mobile Robot. 2nd Workshop on Machine Learning Methods for High-Level Cognitive Capabilities in Robotics (**ML-HLCR 2017**).
- Miyuki Y, Hagiwara Y, *Taniguchi T (2017) Unsupervised learning for spoken word production based on simultaneous word and phoneme discovery without transcribed data. IEEE International Conference on Development and Learning and the International Conference on Epigenetic Robotics (ICDL-EpiRob2017).
- Tada Y, Hagiwara Y, *Taniguchi T (2017) Comparative study of feature extraction methods for direct word discovery with npb-daa from natural speech signals. IEEE International Conference on Development and Learning and the International Conference on Epigenetic Robotics (**ICDL-EpiRob2017**).
- * Shirasuna M, Honda H, Matsuka T, Ueda K (2017) Familiarity-matching in decision making: experimental studies on cognitive processes and analyses of its ecological rationality. the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society (**COGSCI2017**).
- *Honda H, Matsuka T, Ueda K (2017) Decisions based on verbal probabilities: decision bias or decision by sampling?. the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society(**COGSCI2017**).
- *Hashimoto S, Kobayashi I (2017) A basic study on action control using deep reinforcement learning. The 5th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII 2017).
- Taniguchi T (2017) Semantic Segmentation of Driving Behavior Data: Double Articulation Analyzer and its Application. The 4th Workshop on Naturalistic Driving Data Analytics, IEEE Intelligent Vehicle 2017 (**IV2017**).
- Taniguchi T (2017) Symbol Emergence in Robotics: Language Acquisition via Real-world Sensorimotor Information. Gatsby-Kaken Joint Workshop on AI and Neuroscience.
- Taniguchi T (2017) Symbol Emergence in Robotics:Representation Learning for Real-world Communication and Collaboration. International Field Robotics Forum 2017.
- Taniguchi T (2017) Symbol Emergence in Robotics:from sensorimotor information to language. Neurobiology and Neuroinformatics 2017 (**NBNI2017**).
- Taniguchi A, Taniguchi T, Angelo Cangelosi (2016) Multiple categorization by icub: learning relationships between multiple modalities and words. IROS Workshop on Machine Learning Methods for High-Level Cognitive Capabilities in Robotics.
- Liu HL, Taniguchi T, Takenaka K, Tanaka Y, Bando T (2016) Reducing the negative effect of defective data on driving behavior segmentation via a deep sparse autoencoder. IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics.
- Taniguchi T (2016) Symbol emergence in robotics for long-term human-robot collaboration. IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems.

- Taniguchi T (2016) Nonparametric Bayesian Word Discovery for Symbol Emergence in Robotics. Workshop on Machine Learning Methods for High-Level Cognitive Capabilities in Robotics 2016 ML-HLCR2016, in IROS2016.
- 谷口忠大 (2023) 社会における分散的ベイズ推論としての記号創発 ～集合的予測符号化としての言語観～. 言語処理学会第 29 回年次大会(NLP2023).
- 谷口忠大 (2023) 認知発達への構成論的アプローチ 発達ロボティクスから記号創発システムまで. 発達心理学学会.
- 谷口忠大 (2022) マルチモーダルな予測と推論に基づく実世界認知アーキテクチャ: 記号創発ロボティクスから全脳確率的生成モデルまで. 招待講演, OS「認知科学のモデル論—モデルからみる認知の多様性—」, 日本認知科学会第 39 回大会.
- 大橋秀也, 岩淵汐音, *松香敏彦 (2022) カテゴリー学習における情報希求に関する研究. 日本認知科学会第 39 回大会.
- *徐祝哲, 松香敏彦 (2022) 簡易な眼球運動指標による観察者の性格特性の推定. 日本認知科学会第 39 回大会.
- Aikemujiangs Y, *松香敏彦 (2022) 広告画像の記憶しやすさが購買意図に及ぼす効果. 日本認知科学会第 39 回大会.
- 谷口忠大 (2022) 記号創発ロボティクスとマルチモーダル感覚情報に基づく言語獲得 ～実世界人工知能に学ぶ言葉の意味の構成的理解～. 基調講演, LET 61st Annual Conference #LET61 - 外国語教育メディア学会.
- *谷口忠大, 山川宏, 長井隆行, 銅谷賢治, 坂上雅道, 鈴木雅大, 中村友昭, 谷口彰 (2022) WB-PGM: 全脳確率的生成モデル: 発達するロボットのための認知アーキテクチャに向けて. 2022 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2022).
- *室菜央子, 谷口彰, 山川宏, 谷口忠大 (2022) 音声言語の二重分節解析を担う脳参照アーキテクチャの設計. ニューロコンピューティング研究会 (NC).
- 谷口忠大 (2021) 記号創発ロボティクスによる実世界言語獲得の展開. 特別講演, 日本英語学会第 39 回大会
- *徐祝哲, 松香敏彦, 長田典子 (2021) 隠れマルコフモデルを用いた眼球運動による性格特性の推定. 日本認知科学会第 38 回大会.
- *松香敏彦, Aikemujiangs Y (2021) カテゴリー学習における弁別困難な事例の影響. 日本認知科学会第 38 回大会.
- *白砂大, 本田秀仁, 松香敏彦, 植田一博 (2021) そのヒューリスティックは, そもそも使えるのか ～正確性と使用可能性に基づくヒューリスティック使用の検証～. 日本認知科学会第 38 回大会.
- *阪本翔紀, 谷口彰, 谷口忠大, 亀岡弘和 (2021) StarGAN-VC+ASR: 音声認識結果を正則化に活用した教師なし音声変換. 2021 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2021)
- *小村漱一郎, 林楓, 谷口彰, 谷口忠大, 亀岡弘和 (2021) StarGAN-VC を用いた話者非依存音響特徴量抽出と二重分節解析への応用. 2021 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2021).
- *高津芳希, 今木理英, 岩橋直人 (2021) RoCoCo を用いた人間と機械の身体的協力行動の数理分析. 2021 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2021).
- *谷口彰, 村上太亮, 谷口忠大 (2021) 音韻情報と物体情報の共起性を活用した教師なし音素・単語発見手法. 2021 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2021).
- 吉田悠人, 谷口彰, 林楓, 谷口忠大 (2020) マルチモーダル変分オートエンコーダを用いた実物体のカテゴリ形成. 2020 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2020).
- 國安瞭, 中村友昭, 長井隆行, 谷口忠大 (2020) 確率モデルと深層生成モデルの相互作用によるマルチモーダル学習. 2020 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2020).
- 山口皓太郎, 岡夏樹, 谷口忠大, 尾崎僚 (2020) ビデオゲーム環境における自然な発話の教師無し二重分節と意味獲得. 2020 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2020).
- 室菜央子, 久保孝富, 谷口忠大 (2020) 二重分節構造への認知反応における感覚モダリティ依存性に関する基礎的検証. 2020 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2020).
- 勝又勇貴, 谷口彰, Hafi LE, 萩原良信, 谷口忠大 (2020) Generative Adversarial Networks と場所概念形成の確率モデルの融合に基づく Semantic Mapping. 2020 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2020).
- 谷口彰, 田淵義基, Hafi LE, 萩原良信, 谷口忠大 (2020). 環境の能動的な探索による効率的な場所概念の形成. 2020 年度人工知能学会全国大会(JSIAI2020).
- 勝又勇貴, 兼近晃徳, 谷口彰, Hafi LE, 萩原良信, 谷口忠大 (2020) 深層生成モデルを用いた地図補完と SLAM の統合. 日本ロボット学会学術講演会.

- 本田秀仁, 藤崎樹, 松香敏彦, 植田一博 (2020) 記憶の制約がヒューリスティックの合理性を促進する. 日本認知科学会第 37 回大会.
- 徐貺哲, 松香敏彦, 川端良子, 長田典子 (2020) 顔の印象評定における観察者の性格特性と視線の軌跡の関係: 状態空間モデルを用いた分析. 日本顔学会.
- 川端良子, 松香敏彦 (2020) 不確定な対象の対話への導入方略. 2020 年度人工知能学会全国大会.
- Zheng S, 相良陸成, 田口亮 (2021) Yolo の物体認識スコアを用いた物体名と相対位置概念の同時学習. 2021 年電子情報通信学会総合大会.
- Iwahashi N, Okada H, Funakoshi K (2020) Theory of Cooperation: Exploring Human and Machine Capabilities. 日本認知科学会第 37 回大会.
- 相良陸成, 田口亮 (2020) 混合分布を用いた発話音声からの相対位置概念の学習. 2020 年度人工知能学会全国大会.
- 冠野仁志, 相良陸成, 田口亮 (2020) 参照点に依存した連続動作の二重分節解析. 2020 年度人工知能学会全国大会.
- Iwahashi N (2020) Theory of Cooperation: Cognitive and Mathematical Principles of Cooperation and Their Application. 2020 年度人工知能学会全国大会."
- 黄瀬輝, 谷口忠大 (2019) 複数の最適性を含む確率的グラフィカルモデルによる強化学習と模倣学習の統合. 第 37 回日本ロボット学会学術講演会.
- 山口皓太郎, 岡夏樹, 谷口忠大, 尾崎僚 (2020) ビデオゲーム環境における自然な発話の教師無し二重分節と強化学習による意味付け. HAI シンポジウム 2020.
- 山口皓太郎, 岡夏樹, 谷口忠大 (2020) ビデオゲーム環境における自然な発話の教師無し二重分節 ~ 言語獲得の構成的理解に向けて ~. ヒューマンコミュニケーション基礎研究会 (HCS).
- 岩橋直人 (2020) 「協力の理論」構築へ向けて: 協力する人工知能のための機能と認知と数理. ゲーム理論ワークショップ.
- Iwahashi N (2019) Intelligence in Loop. 人工知能学会 SLUD 研究会.
- Iwahashi N (2019) Theory of Cooperation: Cognitive and Mathematical Principles of Cooperation and their Applications - Motion, Dialogue, and Evolution. 情報処理学会東海支部講演会."
- 栗津俊二, 松香敏彦, 小田切史士, 鈴木宏昭, 岡田浩之, 松田哲也 (2019) 多感覚的で文脈依存的な概念表象に関する fMRI 研究. 日本認知科学会第 36 回大会.
- 奥田恭章, 尾崎僚, 谷口忠大 (2019) 韻律情報を活用した二重分節解析器による自然音声からの語彙獲得. 2019 年度人工知能学会全国大会(JSAI2019).
- 村上太亮, 尾崎僚, 谷口彰, 谷口忠大 (2019) 教師なし学習による物体概念および言語モデルと音響モデルの同時学習. 2019 年度人工知能学会全国大会(JSAI2019).
- 相良陸成, 田口亮, 谷口彰, 谷口忠大, 服部公央亮, 保黒政大, 梅崎太造 (2018) 教示発話からの相対位置概念と語彙の相互学習. 第 36 回 日本ロボット学会 学術講演会.
- Kurimoto R, Ushitani T, Matsuka T (2018) Does accurate memory predict the categorical learning in pigeons?. 日本動物心理学会第 78 回大会.
- 尾崎僚, 谷口忠大 (2018) ノンパラメトリックベイズ二重分節解析器の高速化に関する研究. 2018 年度 人工知能学会全国大会(第 32 回)(JSAI2018).
- 黄瀬輝, 谷口忠大 (2018) Generative Adversarial Imitation Learning にタスク達成報酬を付加した動作の学習. 2018 年度 人工知能学会全国大会(第 32 回)(JSAI2018).
- 林楓, 岩田具治, 谷口忠大 (2018) 深層混合モデルによるクラスタリング. 2018 年度 人工知能学会全国大会(第 32 回)(JSAI2018).
- 谷口忠大 (2018) 記号創発ロボティクスによる汎用人工知能への挑戦. 第 10 回人工知能学会汎用人工知能研究会(SIG-AGI).
- 谷口忠大 (2018) ロボティクスと確率モデルに基づく汎用人工知能に向けて ~記号創発ロボティクスのアプローチ~. 第 36 回 日本ロボット学会 学術講演会.
- 谷口忠大 (2018) 実環境に適應する統合的認知機能の形成に向けて~記号創発ロボティクス~. 第 41 回日本神経科学大会.
- 谷口忠大 (2018) 記号創発ロボティクスが目指す自律適応型 AI アーキテクチャ. 2018 年度 人工知能学会全国大会(第 32 回)(JSAI2018).
- 橋本さゆり, 金子晃, 小林一郎 (2018) 深層強化学習を用いたロボットの自然言語による制御への取組み. 言語処理学会第 24 回年次大会(NLP2018).

- 相良陸成, 谷志翔, 田口亮, 服部公央亮, 保黒政大, 梅崎太造 (2017) 発話を入力とした相対位置概念の学習. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会.
- 橋本さゆり, 小林一郎 (2017) 深層強化学習を用いた動作制御への基礎的検討. 第 31 回人工知能学会全国大会.
- 谷志翔, 加藤有祐, 田口亮, 服部公央亮, 保黒政大, 梅崎太造 (2017) MCMC サンプリングによる相対位置概念の学習. 第 35 回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2017).
- 杉原智也, 劉海龍, 竹中一仁, 三澤秀明, 坂東誉司, 谷口忠大 (2017) Sequence to Sequence モデルを用いた運転行動予測. 第 35 回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2017).
- 白砂大, 本田秀仁, 松香敏彦, 植田一博 (2017) なじみ深さ, 知識 ~統計モデルによる推論プロセスの検証~. 日本認知科学第 34 回大会.
- 大貫祐太郎, 本田秀仁, 松香敏彦, 植田一博 (2017) 異なる評価法によるリスク態度の変化: 意思決定者の信念推定に基づく認知プロセスの分析. 日本認知科学第 34 回大会.
- 橋本さゆり, 小林一郎 (2017) 深層強化学習を用いた三重倒立振子の制御に関する一考察. 第 33 回ファジィシステムシンポジウム.
- 本田秀仁, 白砂大, 松香敏彦, 植田一博 (2017) フレーム選択における意図と潜在的処理. 日本認知心理学第 15 回大会.
- 白砂大, 本田秀仁, 松香敏彦, 植田一博 (2017) なじみ深さのマッチング: familiarity の類似性に基づく選択. 日本認知心理学第 15 回大会.
- 多田裕貴, 幸優佑, 林楓, 萩原良信, 谷口忠大 (2017) ノンパラメトリックベース二重分節解析器の TIDIGITS コーパスへの適用. 2017 年度 人工知能学会全国大会 (第 31 回) (JSAI2017).
- 谷志翔, 田口亮, 服部公央亮, 保黒政大, 梅崎太造 (2017) 三次元空間における相対位置概念の学習. 2017 年度 人工知能学会全国大会 (第 31 回) (JSAI2018).
- 谷口忠大 (2017) 記号創発ロボティクスのアプローチ 赤ちゃんの言語獲得の構成論モデルに向けて. 日本赤ちゃん学会 若手部会 第 5 回研究合宿.
- 谷口忠大 (2017) 記号創発ロボティクスが目指す AGI~表現(表象)学習を超えて~. 第 2 回全脳アーキテクチャシンポジウム.
- 橋本さゆり, 小林一郎 (2016) 深層強化学習を用いた動作制御に関する一考察. 情報処理学会第 79 回全国大会.
- 白砂大, 松香敏彦 (2016) 問題文と選択肢の双方の熟知量に基づく推論. 日本認知科学会.
- 林楓, 中島諒, 長坂翔吾, 谷口忠大 (2016) 階層ディリクレ過程隠れ言語モデルと 深層学習を用いた語彙獲得過程の計算論. 日本認知科学会第 33 回大会.
- <受賞>
- Taniguchi T, Mochihashi D, Nagai T, Uchida S, Inoue N, Kobayashi I, Nakamura T, Hagiwara Y, Iwahashi N, Inamura T (2021) Survey on frontiers of language and robotics". 第 9 回 Advanced Robotics Best Survey Paper Awards.
- OIT-RITS (2021) サービスカテゴリー, パートナーロボットチャレンジ, 3 位 (WRS 実行委員長賞). WRS2020 愛知大会 (経済産業省, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)).
- NAIST-RITS-Panasonic (2021) サービスカテゴリー, フューチャーコンビニエンスストアチャレンジ, 総合優勝 (経済産業大臣賞). WRS2020 愛知大会 (経済産業省, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)).
- NAIST-RITS-Panasonic (2021) サービスカテゴリー, フューチャーコンビニエンスストアチャレンジ, 陳列・廃棄タスク, 1 位 (NEDO 理事長賞). WRS2020 愛知大会 (経済産業省, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)).
- NAIST-RITS-Panasonic (2021) サービスカテゴリー, フューチャーコンビニエンスストアチャレンジ, 清掃タスク, 1 位 (NEDO 理事長賞). WRS2020 愛知大会 (経済産業省, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)).
- OIT-RITS (2022) RoboCup Japan Open 2021 @Home DSPL Technical Challenge 準優勝. ロボカップ日本委員会.
- 谷口忠大 (2020) イラストで学ぶロボット工学. 一般社団法人日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門部門教育表彰.
- NAIST-Rits-Panasonic (谷口 Lab) (2019) NAIST-Rits-Panasonic. 1st Place, Restock & Disposal Task, Future Convenience Store Challenge Trial Competition 2019, World Robot Summit 2020.
- NAIST-Rits-Panasonic (谷口 Lab) (2019) NAIST-Rits-Panasonic. 2nd Place, Restroom Cleaning Task, Future Convenience Store Challenge Trial Competition 2019, World Robot Summit 2020.

OIT-RITS (谷口 Lab) (2019) OIT-RITS. 2nd Place, RoboCup Japan Open 2019, @Home Domestic Standard Platform League, Niigata.

OIT-RITS (谷口 Lab) (2019) 拡張現実を用いた言語コミュニケーションにも基づくオンライン家庭環境学習. 人工知能学会 人工知能学会賞.

OIT Challenger & Duckers (谷口 Lab) (2018) OIT Challenger & Duckers. NEDO Chairman's Award for Excellence in World Robot Summit (NEDO 理事長賞), World Robot Challenge 2018, Service Category, Partner Robot Challenge (Real Space), Tokyo.

eR@sers (谷口 Lab) (2018) eR@sers. WRS Executive Committee Chairperson's Award (WRS 実行委員長賞), World Robot Challenge 2018, Service Category, Partner Robot Challenge (Virtual Space), Tokyo.

NAIST-Rits-Panasonic (谷口 Lab) (2018) NAIST-Rits-Panasonic. NEDO Chairman's Award for Excellence in World Robot Summit (NEDO 理事長賞), World Robot Challenge 2018, Service Category, Future Convenience Store Challenge, Customer Task, Tokyo.

NAIST-Rits-Panasonic (谷口 Lab) (2018) NAIST-Rits-Panasonic. SICE Award for Future Convenience Store Challenge (計測自動制御学会賞), World Robot Challenge 2018, Service Category, Future Convenience Store Challenge, Customer Task, Tokyo.

Ri-one (谷口 Lab) (2018) Ri-one. 3rd Place, RoboCup 2018, @Home Education Challenge, Canada.

Duckers (谷口 Lab) (2018) Duckers. 3rd Place, World Robot Challenge Pre-event, Service Category, Partner Robot Challenge (Virtual Space), Gifu.

OIT Challenger & Duckers (谷口 Lab) (2018) OIT Challenger & Duckers. 3rd Place, RoboCup Japan Open 2018, @Home Domestic Standard Platform League, Gifu.

Ri-one and Duckers (谷口 Lab) (2017) Ri-one and Duckers. 3rd Place, RoboCup Japan Open 2017, @Home Education League, Aichi.

Duckers (谷口 Lab) (2017) Duckers. 3rd Place, RoboCup Japan Open 2017, @Home Simulation League, Aichi.

谷口彰 (谷口 Lab) (2017) WBAI 奨励賞.

Liu HL, Taniguchi T, Takenaka K, Tanaka Y, Bando T (2016) Reducing the negative effect of defective data on driving behavior segmentation via a deep sparse autoencoder. IEEE GCCE 2016 Outstanding Paper Award.

<報道発表>

Taniguchi T (2021) 遠隔操作の重要性増す—AI 自ら学び「協力」へ. 読売新聞 朝刊 27 面 科学 A.

Kubo T (2021) How is the brain programmed for computer programming?. Nara Institute of Science and Technology.

Kubo T (2021) How the brain is programmed for computer programming?. EurekAlert!.

Kubo T (2021) プログラム理解能力に関連する脳活動パターンの特定に成功. EurekAlert!.

Kubo T (2020) プログラム理解能力に関連する脳活動パターンの特定に成功 ~習熟度の高いプログラマーほど, プログラム理解のために脳活動が洗練されている可能性~. 奈良先端科学技術大学院大学.

Taniguchi T (2019) 意味を理解する AI が求められている. LabBase マガジン.

Taniguchi T (2018) 森山和道の「ヒトと機械の境界面」記号創発ロボティクスが目指す汎用人工知能. PC Watch.

Taniguchi T (2018) 京都の連携 2018 成長のエンジン. 日刊工業新聞.

Taniguchi T (2018) AI 人材 1000 人を目指すパナ, クロスアポイントメント制度で招いた男. 日経 XTECH(クロスステック).

Taniguchi T (2017) 赤ちゃんと同じように自ら言語を獲得するロボットをつくる. 真宗大谷派宗務所.

Taniguchi T (2017) 国際フィールドロボットフォーラム]①日本とオーストラリアの人工知能ロボットの研究. 韓国ロボット新聞.

Taniguchi T (2017) 大学教授と社員兼業, AI 研究意思決定早く. 日経産業新聞.

Taniguchi T (2017) PC-Watch 第 2 回 全脳アーキテクチャシンポジウム開催. PC Watch.

Taniguchi T (2017) 大学から企業へのクロスアポイントメントの実施. 平成 29 年版科学技術白書.

Taniguchi T (2017) パナソニック企業向け事業, 東京拠点 10 月に移転し構造改革. 毎日新聞 朝刊.

Taniguchi T (2017) 巻頭対談『AI/IoT/ロボットが変革する都市』. 不動産協会広報誌 FORE5 月号.

Taniguchi T (2017) 語る聞く人工知能研究者 谷口忠大さん. 読売新聞 夕刊.

Taniguchi T (2017) 外部人材活用パナ改革. 京都新聞.

Taniguchi T (2017) Panasonic pins hopes on outsider 'catalysts'. NikkeiAsian Review.

Taniguchi T (2017) パナソニック 5 年で 1000 人. 日経新聞.

Taniguchi T (2017) Panasonic aims for 1,000 AI engineers within 5 years. NikkeiAsian Review.

Taniguchi T (2017) パナソニック, 本社直轄組織で試される本気度. 日経新聞.

Taniguchi T (2017) 情報技術最前線. 京都新聞 夕刊.

- Taniguchi T (2017) 立命館大学とパナソニック 国内初のクロスアポイントメント制度を導入. 大学ジャーナルオンライン.
- Taniguchi T (2017) AI 技術者を外部雇用. 日経新聞.
- Taniguchi T (2017) 立命館大とパナソニックがクロスアポイントメント制度を導入. ICT 教育ニュース.
- Taniguchi T (2017) 大学教授がパナソニックで兼業社員に AI研究で連携強化, 出社は週1日. 産経 WEST.
- Taniguchi T (2017) 大学研究者のままパナ社員に起用. 読売新聞.
- Taniguchi T (2017) 大学教員兼業社員に. 日経新聞.
- <アウトリーチ等>
- 谷口忠大 (2023) 記号創発システムの構成論 言語を生み出す集合的予測符号化. 第12回 Language and Robotics 研究会.
- 谷口忠大 (2023) AIと人間の知能 & コミュニケーション場のメカニズムデザイン. 京都クオリア塾.
- Taniguchi T (2022) Constructive Approach to the Interaction between Symbol Emergence and Qualia Structure. Qualia Structure, Grant Final Meeting.
- 谷口彰 (2022) 脳のコンポーネント図の作り方: プロセス間関係の整理と確率モデルによる記述, 「確率的生成モデルへの変換方法と事例紹介」. 第4回 WBA レクチャー[オンライン].
- 谷口忠大 (2022) 記号創発ロボティクスから実世界言語理解知能への展望. 第60回 AI セミナー「言語を用いて経験を共有可能なロボットの実現を目指して」人工知能研究センター.
- 谷口忠大 (2022) コミュニケーション場のメカニズムデザイン ~自律分散的な主体の「目に見えない環境」を設計する~. コミュニケーション学会関西支部大会.
- 谷口忠大 (2022) マルチモーダルな予測に基づく発達の統合認知システムに向けて ~世界モデルから記号創発システムまで~. シンギュラリティサロン.
- 谷口忠大 (2022) 全脳確率的生成モデル(WB-PGM): 世界モデルと推論に基づく汎用人工知能に向けて. 第7回全脳アーキテクチャ・シンポジウム.
- 谷口彰 (2022) 確率的生成モデルに基づくロボットの場所概念形成と語彙獲得. 第8回 Language and Robotics 研究会.
- 谷口忠大 (2022) 潜在構造発見の自律ロボットに向けた融合 AI. AI・人工知能 EXPO【春】アカデミック フォーラム.
- 谷口忠大 (2022) 記号創発ロボティクスと心の哲学~人工知能と人間による意味理解を問い直す~. 「人と情報テクノロジーの共生のための人工知能の哲学 2.0 の構築」総括シンポジウム @Online."
- Taniguchi T (2022) Symbol Emergence in Robotics and Collective Predictive Coding Hypothesis. 科研費学術変革領域研究(B)クオリア構造と情報構造の関係性理解, Qualia Structure Seminar.
- 谷口彰 (2022) 海馬体に整合的な確率的生成モデルの構築. ニューロコンピューティング研究会.
- 谷口忠大 (2022) 記号創発ロボティクスと統合的認知アーキテクチャ
人と環境との相互作用に基づく自律的な発達知能創成. 「現実空間を認識し, 臨機応変に対応できるロボットの実現に向けて」JST-CRDS ワークショップ."
- 谷口忠大 (2021) 人工知能の潮流とその議論
~多様に分枝する応用に向けて~. 招待講演, MIJS ニューテクノロジー委員会
- 谷口彰 (2021) BRA に基づく海馬体の確率的生成モデルの構築. 第3回 WBA レクチャー[オンライン]脳型機械学習モデルの構築体験記: 海馬のような確率的生成モデルはどのような足場の上に作られたのか?.
- 谷口忠大 (2021) AI時代において求められる教育
~人工知能・ロボティクス・コミュニケーション場~. 令和3年度全国私学教育研究集会京都大会
- 谷口忠大 (2021) 人間とロボットの次世代共生社会に向けたコミュニケーションの理論構成
~記号創発システム論から見る自己と他者~. 応用哲学会サマースクール「先端融合研究としての応用哲学入門」
- 谷口忠大 (2021) 心を知るための人工知能 認知科学としての記号創発ロボティクス. 第3回ものづくりと質的研究読書会.
- 谷口忠大 (2021) ノンパラメトリックベイズ二重分節解析による語彙獲得
~実世界感覚情報に基づく言語獲得の構成論に向けて~. 統計物理と統計科学のセミナー@統計数理研究所.
- 谷口忠大 (2021) Symbol Emergence in Robotics: Towards Emergence of Mind through Physical and Semiotic Interaction. 神戸大学.
- 谷口忠大 (2021) 建築情報学から広がる未来. 京都国際会館(YouTube チャンネルにて配信), 豊田啓介氏と対談.

- 谷口忠大 (2020) 記号創発ロボティクスによる人間と表象の理解 ～表象概念の探求と AI の芸術制作～.
Panel talk, 表象文化論研究会 シンポジウム, 立命館大学
- 谷口忠大 (2019) AI ブームの本質とは何か ～情報学の新たなパラダイムを考える～. Lecture, 第 5 期 京都クオリア塾.
- 谷口忠大 (2019) 記号創発システム論に基づく実世界での言語学習と理解の構成論に向けて. 公益財団法人 栢森情報科学振興財団「第 19 回 Kフォーラム」.
- 谷口忠大 (2019) AI の進歩によって学問はどう変わる?. 連続トークイベント「学問 2.0 ～交錯する理系知と文系知～」, 梅田蔦屋書店トークイベント.
- 谷口忠大 (2019) 人工知能で都市はどう変わるのか. 都市環境デザイン会議関西ブロック
<http://book.gakugei-pub.co.jp/wp/judi/forum1905/>.
- 谷口忠大 (2019) 機械と人の未来 ～ロボティクスと人工知能～. Invited talk, 第 30 回「エジソンの会」国際高等研究所
- 谷口忠大 (2019) 記号創発ロボティクスにおける確率的生成モデルと深層学習の融合. 東京大学先端人工知能学教育寄付講座
- 谷口忠大 (2019) 知能を創る--汎用人工知能への挑戦. AI ビジネスインフォマティクス 2019, 基調講演
<https://b-event.impress.co.jp/event/aibi201903/>.
- 谷口忠大 (2018) 次世代人工知能 人工知能・ロボティクスと記号学の学際融合拠点形成. イノベーションジャパン 2018 大学組織展示プレゼンテーション.
- 谷口忠大 (2018) 実環境に適應する統合的認知機能の形成に向けて～記号創発ロボティクス～. 産学連携シンポジウム『人工知能と脳科学の共進化が創る未来』
- 谷口忠大 (2018) 記号創発ロボティクスに基づく認知アーキテクチャの創造に向けて. 玉川大学.
- 谷口忠大 (2018) 組み込み技術者のための機械学習とディープラーニング. 組み込み適塾.
- 谷口忠大 (2018) インタラクションを通じたロボットの言語獲得. Lecture at「情報学展望」@京都大学8号館 NSホール
- 谷口忠大 (2016) ハイタレント研修「情報通信工学」機械学習. ハイタレント研修「情報通信工学」内「機械学習」.
- 谷口忠大 (2017) 確率的生成モデルとディープラーニングに基づく AI の家庭環境への実装に向けて. "AI to REAL" Technology & Innovation Forum.
- 谷口忠大 (2017) これからは始めるための機械学習・ディープラーニング入門講座. サイエンス&テクノロジー, セミナー.
- 谷口忠大 (2017) AI・人工知能について ～第三次人工知能ブームとは何か?～. 木村鋳造所 講演会.
- 谷口忠大 (2017) 「初めての 人工知能 (AI) 入門」及び「初めての 機械学習・ディープラーニング入門セミナー」. 情報機構セミナー.
- 谷口忠大 (2017) 第三次人工知能ブームとは何か?～技術背景から産業応用可能性まで～. (株)小野測器 社内セミナー.
- 谷口忠大 (2017) 記号創発ロボティクスから人工知能の社会性に向けて ～ボトムアップな道徳や規範へのとても遠い道程に思いを馳せる～. 招待講演, 第 4 回 Morality mod Science セミナー.
- 谷口忠大 (2017) 「人工知能」とは何か? ～第三次ブームの技術背景～. データ・AI ビジネスを巡る競争政策と産業政策のあり方についての研究会.
- 谷口忠大 (2017) 第 3 次人工知能ブームとは何か?～技術背景から産業応用可能性まで～. 招待講演, 10 月定例会.
- 谷口忠大 (2017) 記号創発ロボティクスのアプローチ 赤ちゃんの言語獲得の構成論モデルに向けて. 招待講演, 赤ちゃん学会若手合宿.
- 谷口忠大 (2017) 20 年後の社会: AI に代表される情報技術革新がもたらすもの. 講義, 教学部夏期研修.
- 谷口忠大 (2017) 記号創発ロボティクスが目指す AGI～表現(表象)学習を超えて～. 第 2 回全脳アーキテクチャシンポジウム.
- 谷口忠大 (2017) AI は「共感」を生み出す クリエイティブにたどり着くのか?. Members University オープンキャンパス(メンバーズ株式会社によるトークイベント).
- 谷口忠大 (2017) 人工知能概論. 組み込み適塾.
- 谷口忠大 (2017) ロボットによる言語獲得への道 ～記号創発ロボティクスへの招待～. 招待講演, 2017 年 第 1 回 IEEE Computer Society Kansai Chapter 技術講演会～人工知能からコグニティブ・コンピューティング～
- 谷口忠大 (2017) 大学と企業の『知』をかき混ぜるオープンイノベーションの場作り! ～日本初クロスアポイントメント契約*, その裏側に迫る!～. パネルディスカッション, 超交流会.

- 谷口忠大 (2017) 記号創発ロボティクス:実世界感覚運動情報からの言語獲得. 招待講演,第7回インテリジェントホームロボティクス研究会.
- 谷口忠大 (2017) 情報機構セミナー「初めての 人工知能(AI)入門」及び「初めての 機械学習・ディープラーニング入門セミナー」. 情報機構セミナー .
- 谷口忠大 (2017) 製品の知能化・高機能化のための 人工知能(AI)の基礎と最新技術. (株)日本テクノセンターセミナー.
- 谷口忠大 (2017) クロスアポイントメントからの AI オープンイノベーション ～境界を超えてつなぐキャリア～. 第20回 One Panasonic イベント.
- 谷口忠大 (2017) 人工知能のこれまでとこれから ～ディープラーニングと身体性の向こう側～. 招待講演,ASTER 講演会.
- 谷口忠大 (2017) ベイズ教師なし語彙獲得に基づく 運転対話システムの構築. 第21回人工知能研究成果発表会.
- 谷口忠大 (2017) はじめての人工知能 ～初学者のためのAI技術の基本的な考え方, 必要知識, 導入手順, 活用の留意点～. 技術情報協会セミナー .
- 谷口忠大 (2017) AI & Robotics for future human-robot collaboration. 北京情報科学大学からの来訪学生を対象として.
- 谷口忠大 (2017) ～全体像の理解と導入・応用を検討するためにおさえておくべきこと～. 初学者の為の人工知能セミナー .
- 谷口忠大, 長井隆行, 山川宏 (2017) 人工知能に記号接地は必要か? 全脳アーキテクチャと記号創発ロボティクスの目指すもの. 対照と融合. 第29回自律分散システム・シンポジウム.
- 谷口忠大 (2016) 人工知能と記号創発ロボティクス ～情報の意味とコミュニケーションについて考える～. INFOSTA.
- 谷口忠大 (2016) 「初めての 人工知能(AI)入門」及び「初めての 機械学習・ディープラーニング入門セミナー」. 情報機構セミナー .
- 谷口忠大 (2016) ハイタレント研修「情報通信工学」機械学習. ハイタレント研修「情報通信工学」内「機械学習」.
- 谷口忠大 (2016) ノンパラメトリックベイズと深層学習に基づく音声データからの教師なし語彙獲得 —記号創発ロボティクスによる知能と言語へのアプローチ—. AI チャレンジ研究会,人工知能学会合同研究会 2016.
- 谷口忠大 (2016) ノンパラメトリックベイズに基づく教師なし語彙獲得. 2016年10月度音声研究会.

A03-2 中原裕之: 脳内他者を生かす意思決定の脳計算プリミティブの解明

<雑誌論文>

- *Langdon A, Botvinick M, Nakahara H, Tanaka K, Matsumoto M, Kanai R (2022) Meta-learning, social cognition and consciousness in brains and machines. **Neural Networks**, 145, 80-89. (reviewed)
- *Sugiyama M, Tsuda K, Nakahara H (2020) Sample Space Truncation on Boltzmann Machines. **NeurIPS 2020 Workshop: Deep Learning through Information Geometry**, 1-9. (reviewed,)
- Fukuda H+, Ma N+, Suzuki S, Harasawa N, Ueno K, Gardner JL, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, *Nakahara H (2019) Computing Social Value Conversion in the Human Brain. **The Journal of Neuroscience**, 39, 26, 5153-5172. (reviewed)
- *Kass RE, Amari S, Arai K, Brown EN, Diekmann CO, Diesmann M, Doiron B, Eden U, Fairhall A, Fiddymant GM, Fukai T, Grun S, Harrison MT, Helias M, Nakahara H, Teramae J, Thomas PJ, Reimers M, Rodu J, Rotstein HG, Shea-Brown E, Shimazaki H, Shinomoto S, Yu BM, Kramer MA (2018) Computational Neuroscience: Mathematical and Statistical Perspectives. **Annual Review of Statistics and Its Application**, 5, 183-214. (reviewed)
- *中原裕之 (2017) 社会知性を実現する脳計算システムの解明: 人工知能の実現に向けて. 人工知能学会誌, 32, 6, 863-872. (reviewed & invited)

<学会発表等>

- *Sugiyama M, Tsuda K, Nakahara H (2020) Sample Space Truncation on Boltzmann Machines. **NeurIPS 2020 Workshop: Deep Learning through Information Geometry**.
- * Nakahara H (2020) Neural Computations for Making Decisions with Others' Rewards and Decisions. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.
- Ma N, Harasawa N, Ueno K, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2019) Neuro - computational process for deciding with predicting others' decision. The 49th Annual Meeting of the Society for Neuroscience (SfN 2019).

- * Nakahara H (2019) Neural computations underlying social decision-making. NII Shonan Meeting “Language as Goal-Directed Sequential Behavior: Computational Theories, Brain Mechanisms, Evolutionary Roots”.
- Ma N, Harasawa N, Ueno K, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2018) Neuro-computational mechanisms for deciding with predicting others. The 48th Annual Meeting of the Society for Neuroscience (SfN 2018).
- Fukuda H, Ma N, Suzuki S, Harasawa N, Ueno K, Gardner JL, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2018) Neural mechanism underlying value conversion of others' reward to decision. The 48th Annual Meeting of the Society for Neuroscience (SfN 2018).
- * Nakahara H (2018) Neural computations underlying social decision-making. KAIST Bio-IT Healthcare Initiative II Half-day workshop on brain-inspired AI:Neural Basis of Intelligence.
- * Nakahara H (2018) Neural computations underlying social decision-making. 18th China-Japan-Korea Joint Workshop on Neurobiology and Neuroinformatics.
- Ma N, Harasawa N, Ueno K, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2017) Neural mechanisms for deciding with predicting others in human brain. The 47th Annual Meeting of the Society for Neuroscience (SfN 2017).
- Fukuda H, Ma N, Suzuki S, Harasawa N, Ueno K, Gardner JL, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2017) Neural mechanisms for converting social value into one's own decision value. The 47th Annual Meeting of the Society for Neuroscience(SfN 2017).
- * Nakahara H (2017) Reinforcement learning with environmental structures and mind of others. The 11th International Conference on Cognitive Science (ICCS 2017).
- Fukuda H, Ma N, Suzuki S, Harasawa N, Ueno K, Gardner JL, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H. (2017) Neural processes for converting social value into one's own decision value. The 40th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Ma N, Harasawa N, Ueno K, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2017) Neural mechanisms of predicting others' decisions for one's better decisions. The 40th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- * Nakahara H (2017) Learning to make reward-guided decisions: sequential, successive, and social. 2017 Brain-AI Workshop.
- Fukuda H, Ma N, Suzuki S, Harasawa N, Ueno K, Gardner JL, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2017) Neural mechanisms for social value conversion in decision-making. 3rd Multidisciplinary Conference on Reinforcement Learning and Decision Making (RLDM 2017).
- * Nakahara H (2017) Neural computations underlying social decision-making. The Seventh International Symposium on "Biology of Decision Making" (SBDM 2017).
- * Nakahara H (2017) Learning to make reward-guided decisions: sequential, successive, and social. Gatsby-Kaken Joint Workshop on AI and Neuroscience.
- * Nakahara H (2016) Neural computations for making decisions with others' choice and reward. Workshop “Arrowhead 10 years on: what have we learned and what is there still to learn about the neural bases of decision-making?”
- Ma N, Harasawa N, Ueno K, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2016) Neural mechanisms for deciding with predicting others. The 46th Annual Meeting of the Society for Neuroscience (SfN 2016).
- Fukuda H, Ma N, Suzuki S, Harasawa N, Ueno K, Gardner JL, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2016) Neural mechanisms and computation that mediates value by others' reward for decision making. The 46th Annual Meeting of the Society for Neuroscience (SfN 2016).
- Ma N, Harasawa N, Ueno K, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2016) Neural mechanisms for decision-making with predicting others: human fMRI. The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Fukuda H, Ma N, Suzuki S, Harasawa N, Ueno K, Gardner JL, Ichinohe N, Haruno M, Cheng K, * Nakahara H (2016) Neural computation underlying value-based decisions including rewards to others. The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- * 中原裕之 (2018) 社会的意決定の脳計算と神経基盤. 2018 年度生理研研究会「第2回ヒト脳イメージング研究会」.
- Ma N, 原澤寛浩, 上野賢一, 一戸紀孝, 春野雅彦, Cheng K, * 中原裕之 (2018) Neural mechanisms for decision-making with predicting others in human. 2018 年度生理研研究会「第2回ヒト脳イメージング研究会」.
- 福田玄明, Ma N, 鈴木真介, 原澤寛浩, 上野賢一, Gardner JL, 一戸紀孝, 春野雅彦, Cheng K, * 中原裕之 (2018) Neural processing for social value conversion into value-based decision. 2018 年度生理研研究会 第2回ヒト脳イメージング研究会.
- * 中原裕之 (2017) 意決定と社会知性: その脳計算理解に向けて. 第18回京都大学・情報学シンポジウム.

福田玄明, Ma N, 鈴木真介, 原澤寛浩, 上野賢一, Gardner JL, 一戸紀孝, 春野雅彦, Cheng K, *中原裕之 (2017) Neural mechanisms and computation that mediates value by others' reward for decision making. 脳と心のメカニズム 第17回冬のワークショップ脳の感覚情報処理 —データマイニングと計算モデル—.

Ma N, 原澤寛浩, 上野賢一, 一戸紀孝, 春野雅彦, Cheng K, *中原裕之 (2017) Neural mechanisms for deciding with predicting others. 脳と心のメカニズム 第17回冬のワークショップ脳の感覚情報処理 —データマイニングと計算モデル—.

*中原裕之 (2016) Basal ganglia, reinforcement learning and beyond. 京都大学医学研究科 神経科学教育コースセミナー.

<書籍>

*叶尤奇, 根橋玲子, 中原裕之 (2022) 文化神経科学の視座から見た文化と個人の関係. 「縁側」知の生成にむけて, 明石書店. (229-243)

<報道発表>

中原裕之 (理化学研究所) (2019) 他人の利益を考慮する意思決定の脳回路 —脳回路の働き方の違いが社会行動の個人差にも関わる—. Web (理研プレスリリース)

中原裕之 (理化学研究所) (2019) 「空気読めない」は脳回路によって決まる. 理研が回路特定. Web news (Economic News)

中原裕之 (理化学研究所) (2019) Neural Processes involved in social value conversion. 冊子 & Web (理研 Research News)

中原裕之 (理化学研究所) (2019) Deepening our understanding of selfish behavior. 冊子 & Web (理研 Research News)

中原裕之 (理化学研究所) (2019) Deepening our understanding of selfish behavior. 冊子 & Web (RIKEN Research)

<アウトリーチ等>

中原裕之 (2023) 他者の選択を勘案する社会的意思決定の脳機. 公益社団法人新化学技術推進協会(JACI) ライフサイエンス技術部会 脳科学分科会 勉強会, 会員向け研究会.

中原裕之 (2023) 『「縁側」知の生成にむけて: 多文化関係学という場の潜在力』の第11章「文化神経科学の視座から見た文化と個人との関係」について講義・議論. 多文化関係学会 2022年度第2回関東地区研究会, 会員向け研究会.

中原裕之 (2019) 意思決定と他者の心. 生命科学系の学部・学科へ進む意欲を持つ高校1年生のための講演, 私立土佐高等学校

生命科学系の学部・学科へ進む意欲を持つ高校1年生.

中原裕之 (2019) 意思決定と他者の心. 自然科学カフェの集い(第41回), 一般向け講演会.

中原裕之 (2018) ヒトの意思決定/学習/社会知性の脳メカニズムと脳計算. 理研イブニングセミナー(東京), 企業の方.

中原裕之 (2018) Neuroscience, law, moral. 裁判所職員研修, 裁判所職員.

中原裕之 (2017) Computations for social decision-making. 脳科学塾講義, 大学院学生および同程度の学力を有する者.

中原裕之 (2016) 意思決定する脳 ~人のこころの予測と脳の計算~. 理研 BSI 脳科学研究者と異分野プロフェッショナルの対談イベント 第3回代官山蔦屋書店で脳科学をつながる, 一般向け講演会.

中原裕之 (2016) 脳を語ろう, 過去・現在・未来 ~脳とこころ~. サイエンス・カフェ, 理学研究所, 一般向け講演会.

A03-3 坂上雅道: 前頭前野における情報の抽象化と演繹的創生の神経メカニズムの研究

<雑誌論文>

Oguchi M, Li Y, Matsumoto Y, Kiyonari T, Yamamoto K, Sugiura S, *Sakagami M (2023) Proselfs depend more on model-based than model-free learning in a non-social probabilistic state-transition task. **Scientific Reports**, 13, 1. (reviewed)

Tanaka H, Shou Q, Kiyonari T, Matsuda T, *Sakagami M, Takagishi H (2022) Right dorsolateral prefrontal cortex regulates default prosociality preference. **Cerebral Cortex**, 33, 1, 5420-5425. (reviewed)

*Fermin ASR, Kiyonari T, Matsumoto Y, Takagishi H, Li Y, Kanai R, Sakagami M, Akaishi R, Ichikawa N, Takamura M, Yokoyama S, Machizawa MG, Chan HL, Matani A, Yamawaki S, Okada Gkamoto Y, Yamagishi T (2022) The neuroanatomy of social trust predicts depression vulnerability. **Scientific Reports**, 12, 1. (reviewed)

- *Doya K, Ema A, Kitano H, Sakagami M, Russell, S (2022) Social impact and governance of AI and neurotechnologies. **Neural Networks**, 152, 542-554. (reviewed)
- Oguchi M, *Sakagami M (2022) Dissecting the Prefrontal Network With Pathway-Selective Manipulation in the Macaque Brain—A Review. **Frontiers in Neuroscience**, 16. (reviewed)
- Nishina K, Shou Q, Takahashi H, Sakagami M, Inoue-Murayama M, *Takagishi H (2022) Association Between Polymorphism (5-HTTLPR) of the Serotonin Transporter Gene and Behavioral Response to Unfair Distribution. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, 16. (reviewed)
- Oguchi M, Tanaka S, Pan X, Kikusui T, Moriya-Ito K, Kato S, Kobayashi K, *Sakagami M (2021) Chemogenetic inactivation reveals the inhibitory control function of the prefronto-striatal pathway in the macaque brain. **Communications Biology**, 4, 1. (reviewed)
- Oguchi M, Jiasen J, Yoshioka T, Tanaka YR, Inoue K, Takada M, Kikusui T, Nomoto K, *Sakagami M (2021) Microendoscopic calcium imaging of the primary visual cortex of behaving macaques. **Scientific Reports**, 11, 1. (reviewed)
- Tanaka S, Taylor JE, *Sakagami M (2021) The effect of effort on reward prediction error signals in midbrain dopamine neurons. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, 41, 152-159. (reviewed)
- Tanaka S, O'Doherty JP, *Sakagami M (2019) The cost of obtaining rewards enhances the reward prediction error signal of midbrain dopamine neurons. **Nature Communications**, 10, 3674. (reviewed)
- Nishina, K, *Takagishi, H, Takahashi, H, Sakagami M, Inoue-Murayama, M (2019) Association of Polymorphism of Arginine-Vasopressin Receptor 1A (AVPR1a) Gene With Trust and Reciprocity. **Frontiers in human neuroscience**, 13, 230. (reviewed)
- Nishina K+, Takagishi H+, Fermin ASR, Inoue-Murayama M, Takahashi H, Sakagami M, *Yamagishi T (2018) Association of the oxytocin receptor gene with attitudinal trust: role of amygdala volume. **Social cognitive and affective neuroscience**, 13, 10, 1091–1097. (reviewed)
- Fan H, *Pan X, Wang R, Sakagami M (2017) Differences in reward processing between putative cell types in primate prefrontal cortex. **PLoS ONE**, 12, 12, e0189771. (reviewed)
- *Yamagishi T, Li Y, Fermin A, Kanai R, Takagishi H, Matsumoto Y, Kiyonari T, Sakagami M (2017) Behavioural Differences and Neural Substrates of Altruistic and Spiteful Punishment. **Scientific Reports**, 7, 1, 14654. (reviewed)
- Chen YY, *Pan XC, Wang RB, Sakagami M (2017) Reward information encoded by power of local field potentials in the primate prefrontal Cortex and striatum. **Sheng Li Xue Bao**, 69, 4, 385-396. (reviewed)
- *Yamagishi T, Matsumoto Y, Kiyonari T, Takagishi H, Li Y, Kanai R, Sakagami M. (2017) Response time in economic games reflects different types of decision conflict for prosocial and proself individuals. **Proceedings of National Academy of Sciences U.S.A**, 114, 24, 6394-6399. (reviewed)
- Lak A, Nomoto K, Keramati M, Sakagami M, *Kepecs A (2017) Midrain Dopamine Neurons Signal Belief in Choice Accuracy during a Perceptual Decision. **Current biology**, 27, 6, 821-832. (reviewed)
- *Kameda T, Inukai K, Higuchi S, Ogawa A, Kim H, Matsuda T, Sakagami M (2016) Rawlsian maximin rule operates as a common cognitive anchor in distributive justice and risky decisions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 113, 42, 11817-11822. (reviewed)
- Taylor JE, *Ogawa A, Sakagami M (2016) Reward value enhances post-decision error-related activity in the cingulate cortex. **Neuroscience research**, 107, 38-46. (reviewed)
- Zhang Y, *Pan X, Wang R, Sakagami M (2016) Functional connectivity between prefrontal cortex and striatum estimated by phase locking value. **Cognitive neurodynamics**, 10, 3, 245-254. (reviewed)
- Yamada H, Inokawa H, Hori Y, Pan X, Matsuzaki R, Nakamura K, Samejima K, Shidara M, Kimura M, Sakagami M, *Minamimoto T (2016) Characteristics of fast-spiking neurons in the striatum of behaving monkeys. **Neuroscience research**, 105, 2-18. (reviewed)
- 田中慎吾, *坂上雅道 (2017) 推移的推論の脳メカニズム—汎用人工知能の計算理論構築をめざして—. **人工知能**, 32, 6, 845.
- 田中慎吾, 小口峰樹, *坂上雅道 (2016) 前頭連合野の認知機能 推移的推論と前頭前野外側部. **BRAIN and NEVER**, 医学書院, 68, 11, 1263-1270. (reviewed)
- <学会発表等>
- Oguchi M, Jiasen J, Yoshioka TW, Tanaka Y, Inoue K, Takada M, Kikusui T, Kensaku Nomoto, Sakagami M, (2020) Endomicroscopic Calcium Imaging from the Macaque Primary Visual Cortex. 第43回日本神経科学大会.
- Oguchi M, Tanaka S, Pan X, Kikusui T, Keiko Moriya-Ito, Kato S, Kobayashi K, Sakagami M (2019) Chemogenetic Inactivation Using Double Virus Vector Infection Reveals the Inhibitory Function of the Prefronto-striatal Pathway in the Macaque Brain. Annual meeting of the Society for Neuroscience 2019 (SfN2019).

- Sakagami M (2019) Enhancement of the reward prediction error signal of midbrain dopamine neuron by the cost of obtaining the reward. Society for Neuro Economics.
- Sakagami M (2019) The enhancement of the reward prediction error signal in the midbrain dopamine neuron by the cost paid for the reward. **ICCN 2019**.
- Sakagami M (2019) Enhancement of the reward prediction error signal of midbrain dopamine neuron by the cost of obtaining the reward. **ICCN 2019**.
- Oguchi M, Tanaka S, Pan X, Kikusui T, Kato S, Kobayashi K, and Sakagami M
- Sakagami M (2019) Chemogenetic Inactivation Using Double Virus Vector Infection Reveals the Inhibitory Function of the Prefronto-striatal Pathway in the Macaque Brain. The International Basal Ganglia Society.
- Sakagami M (2019) Chemogenetic Inactivation Using Double Virus Vector Infection Revealed the Function of the Prefronto-striatal Pathway in the Macaque Brain. HangZhou Forum on “Cognitive Neuroscience and Intelligent Application”.
- Oguchi M, Sakagami M (2018) Chemogenetic Inactivation Using Double Virus Vector Infection Reveals the Function of the Prefronto-striatal Pathway in the Macaque Brain. NHP Chemogenetics workshop 2018.
- Sakagami M (2018) Decoding value-related signal represented in multiple areas of the prefrontal cortex using ECoG electrodes. The 4th Conference on Cognitive Neurodynamics.
- Sakagami M (2018) Value Decoding from ElectroCorticoGraphic Signals in Monkey Prefrontal Cortices and its Modulation by Decoded Neurofeedback. The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Sakagami M (2018) Introduction of Japan-U.S.Brain Reserch Cooperative Program (BRCP). The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Takagishi H, Sakagami M, Yamagishi T (2017) Social Value Orientation is Associated with the Role of Right Dorsolateral Prefrontal Cortex in Prosocial Behavior. The 19th annual meeting of the Society for Personality and Social Psychology.
- Sakagami M (2017) Decoding the value related signal represented in multiple areas of the prefrontal cortex using ECoG electrodes. Joint Workshop on AI Flagship Project for Interaction (3) & Emotion(4) and AI & Brain Science Project2018.
- Sakagami M (2017) Multiple Neural Circuits In Value-based Decision Making. Brain Engineering Society of Korea (**BESK**) Brain AI Symposium.
- Tanaka S, Kawasaki K, Hasegawa I, Suzuki T, Kawato M and Sakagami M (2017) Elucidating the role of the macaque lateral prefrontal cortex for the value-based decision making using the decoded neurofeedback. real-time Functional Neuroimaging and Neurofeedback 2017.
- Tanaka S, Kawasaki K, Hasegawa I, Suzuki T, Kawato M, Sakagami M (2017) Spatial and temporal distribution of value-related and the visual information in the macaque lateral prefrontal cortex. Neuroscience 2017, the 47th annual meeting of the Society for Neuroscience.
- Sakagami M (2017) Dissociable functions of reward inference in the lateral prefrontal cortex and the striatum. The 44th Naito Conference on Decision Making in the Brain-Motivation, Prediction, and Learning.
- *Oguchi M (2017) Animal inference and Morgan's canon. 7th biennial conference of the international society for theoretical psychology.
- Tanaka S, Kawasaki K, Hasegawa I, Suzuki T, Kawato M and Sakagami M (2017) Distribution of value related information in the multiple areas of the macaque prefrontal cortex. The 40th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Sakagami M (2017) Categorical coding of stimulus and inference of the value in the monkey lateral prefrontal cortex. Max Planck Institute Germany 招聘講演.
- Sakagami M (2017) Categorical Coding of Stimulus and Inference of the Value in the Monkey Lateral Prefrontal Cortex. Joint Workshop on AI and Neuroscience.
- Sakagami M (2017) The reward prediction error signal of midbrain dopamine neuron is modulated by the cost paid for the reward. The Forum on Cognitive Neuroscience Frontier.
- Sakagami M (2016) Signal interaction between primate prefrontal cortex and striatum in an asymmetric reward task. Neural Basis for Decision Making Conference 2016.
- Sakagami M (2016) Decoding the value of juice from electrocorticographic signals in monkey prefrontal cortices and its modulation through the decoded neurofeedback. ANS 2016 HOBART Australasian Neuroscience Society 36th Annual Scientific Meeting.
- Oguchi M, Sakagami M, (2016) Elucidating the Function of the Prefronto-striatal Circuit of the Macaque Brain Using the Chemogenetic Double Virus Vector Infection . NHP Chemogenetics workshop 2016.
- "Oguchi M, Tanaka S, Pan X, Kikusui T, Kato S, Kobayashi K, Sakagami M (2016) Elucidating the Function of the Prefronto-striatal Circuit of the Macaque Brain Using the Double Virus Vector Infection. Annual meeting of the Society for Neuroscience 2016."
- Sakagami M (2016) Elucidating the Function of the Prefronto-striatal Circuit of the Macaque Brain Using the Double Virus Vector Infection. Rochester Conte Center Symposium.

- Sakagami M (2016) Signal Interaction between Primate Prefrontal Cortex and Striatum in Asymmetric Reward Task. The third Conference on Cognitive Neurodynamics
- Oguchi M, Tanaka S, Pan X, Kikusui T, Kato S, Kobayashi K, Sakagami M (2016) Elucidating the Function of the Prefronto-striatal Circuit of the Macaque Brain Using the Double Virus Vector Infection. The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- Sakagami M, Tanaka S (2016) Value Coding in Monkey Prefrontal Network. The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
- *小口峰樹, *李楊, *松本良恵, 清成透子, 山本和彦, 杉浦繁貴 (2022) 社会的価値志向性とモデルフリー・モデルベース学習: マルコフ型状態遷移課題を用いた検討, 第 25 回実験社会科学カンファレンス.
- *小口峰樹, *李楊, *松本良恵, 清成透子, 山本和彦, 杉浦繁貴 (2022) 社会的価値志向性とモデルフリー・モデルベース学習: マルコフ型状態遷移課題を用いた検討, 日本社会心理学会第 63 回大会.
- 谷辺哲史, 渡辺匠, *小口峰樹, *飯島和樹, 太田紘史 (2022) 脳のヒト-動物キメラ化は倫理的懸念を強めるか—生命倫理的課題に対する判断の実証的検討—. 日本社会心理学会第 63 回大会.
- *坂上雅道 (2018) 意思決定に関わる 2 つの神経回路と向社会性. 脳と意識分科会シンポジウム 融合社会脳研究の創成と展開, 日本心理学会第 82 回大会.
- 小口峰樹, *坂上雅道 (2018) Chemogenetic Inactivation Using Double Virus Vector Infection Elucidates the Function of the Prefronto-striatal Circuit in the Macaque Brain. 国際ワークショップ「遺伝子導入技術の利用による霊長類脳機能操作とイメージング」.
- 小口峰樹, *坂上雅道 (2018) ウイルスベクター二重遺伝子導入法を用いた化学遺伝学的不活化によるマカク前頭前野-線条体回路の機能解明. 平成 30 年度第 1 回大脳基底核機能研究会.
- *坂上雅道 (2018) サル前頭前野皮質脳波信号からの価値情報のデコーディングとニューロフィードバックによる価値情報の変更. 新学術領域研究「人工知能と脳科学」「適応回路シフト」合同領域会議.
- *小口峰樹 (2017) 人工知能と生物知能——深層学習から神経科学への寄与. 科学基礎論学会 2017 年度秋の研究例会.
- *坂上雅道 (2017) 意思決定にかかわる 2 つの神経回路とその相互作用. 国際高等研究プロジェクト「精神発達障害から考察する decision making の分子的基盤」.
- *坂上雅道 (2016) 脳と心の接点を探る研究の最前線. 2016 年日本理論心理学会第 62 回大会シンポジウム.
- *小口峰樹 (2016) 動物における実践的推論とモーガンの公準. 日本科学哲学会第 49 回年次大会.
- <書籍>
- *坂上雅道, 小口峰樹 (2021) 既知から未知を見出す脳メカニズム. A Complete Handbook of the Association Cortices: Cerebral Localization, Neuroscience and Neuropsychology, Kawamura M, 医学書院. (26-35)
- 坂上雅道 (2019) 報酬予測と意思決定の神経機構, アディクションサイエンス—依存・嗜癖の科学. アディクションサイエンス—依存・嗜癖の科学—, 宮田久嗣, 高田孝二, 池田和隆, 廣中直行, 朝倉書店. (57-66)
- 坂上雅道 (2022) 世界最先端の研究が教える すごい脳科学, 総合法令出版.
- 坂上雅道 (2022) 脳と心の関係. Newton 脳 大図鑑, 木村直之, Newton PRESS. (174-200)
- <報道発表>
- 小口峰樹, 李楊, 松本良恵, 清成透子, 山本和彦, 杉浦繁貴, 坂上雅道 (学校法人玉川学園 HP) (2023) Proselfs depend more on model-based than model-free learning in a non-social probabilistic state-transition task. https://www.tamagawa.jp/research/brain/news/detail_21506.html.
- 小口峰樹, 田中慎吾, Pan X, 菊水健史, 守屋敬子, 加藤成樹, 小林和人, 坂上雅道 (学校法人玉川学園 HP) (2021) Chemogenetic inactivation reveals the inhibitory control function of the prefronto-striatal pathway in the macaque brain. https://www.tamagawa.jp/research/brain/news/detail_19373.html.
- 小口峰樹, 蔣嘉森, 吉岡敏秀, 田中康裕, 井上謙一, 高田昌彦, 菊水健史, 野元謙作, 坂上雅道 (学校法人玉川学園 HP) (2021) Microendoscopic calcium imaging of the primary visual cortex of behaving macaques. https://www.tamagawa.jp/research/brain/news/detail_19302.html.
- 坂上雅道, 田中慎吾, O' Doherty JP (学校法人玉川学園 HP) (2019) The cost of obtaining rewards enhances the reward prediction error signal of midbrain dopamine neurons. https://www.tamagawa.jp/research/brain/news/detail_16455.html.
- 山岸俊男, 坂上雅道, 高岸治人, 李楊元, 松本良恵, Alan Fermin, 清成透子, 金井良太 (学校法人玉川学園 HP) (2017) Behavioural Differences and Neural Substrates of Altruistic and Spiteful Punishment. https://www.tamagawa.jp/research/brain/news/detail_13415.html.
- 山岸俊男, 坂上雅道, 高岸治人, 李楊元, 松本良恵, 清成透子, 金井良太 (学校法人玉川学園 HP) (2017) Response Time in Economic Games Reflects Different Types of Decision Conflict for Prosocial and Proself Individuals. https://www.tamagawa.jp/research/brain/news/detail_12320.html.

<受賞>

坂上雅道 (2020) 第3回ヤフー株式会社コマースカンパニー金融統括本部. 優秀論文賞.

<その他>

坂上雅道 (2021) #29『快樂 ドーパミンが操る天使と悪魔』. NHK BS1 ヒューマニエンス. 出演.

坂上雅道 (2021) 多様なドーパミン神経伝達から脳を探る. 大阪大学蛋白研究所セミナー. 講演.

坂上雅道 (2021) 2つの意思決定回路と報酬の予測. I-URIC フロンティアコロキウムと ROIS/I-URIC 若手研究者クロストークとの合同シンポジウム. 講演.

坂上雅道 (2023) 脳における情報創成のメカニズム. 応用物理学会春季学術講演会. 講演.

A03-4 高橋英彦：精神疾患における思考の障害の神経基盤の解明と支援法の開発

<雑誌論文>

Shiwaku H, Katayama S, Gao M, Kondo K, Nakano Y, Motokawa Y, Toyoda S, Yoshida F, Hori H, Kubota T, Ishikawa K, Kunugi H, Ikegaya Y, Okazawa H, Takahashi H (2023) Analyzing schizophrenia-related phenotypes in mice caused by autoantibodies against NRXN1 α in schizophrenia. **Brain Behav Immun**, 111, 32-45. (reviewed)

Matsumoto Y, Nishida S, Hayashi R, Son S, Murakami A, Yoshikawa N, Ito H, Oishi N, Masuda N, Murai T, Friston K, Nishimoto S, *Takahashi H (2023) Disorganization of semantic Brain Networks in Schizophrenia Revealed by fMRI. **Schizophr Bull**, 49, 2, 498-506. (reviewed)

Watanabe R, Kim Y, Kuruma H, Takahashi H (2022) Imitation encourages empathic capacity toward other individuals with physical disabilities. **Neuroimage**, 264, 119710. (reviewed)

Tamura T, Sugihara G, Okita K, Mukai Y, Matsuda H, Shiwaku H, Takagi S, Daisaki H, Tateishi U, Takahashi H (2022) Dopamine dysfunction in depression: application of texture analysis to dopamine transporter single-photon emission computed tomography imaging. **Transl Psychiatry**, 12, 1, 309. (reviewed)

Shiwaku H, Katayama S, Kondo K, Nakano Y, Tanaka H, Yoshioka Y, Fujita K, Tamaki H, Takebayashi H, Terasaki O, Nagase Y, Nagase T, Kubota T, Ishikawa K, Okazawa H, Takahashi H (2022) Autoantibodies against NCAM1 from patients with schizophrenia cause schizophrenia-related behavior and changes in synapses in mice. **Cell Rep Med**, 3, 4, 100597. (reviewed)

Macpherson T, Churchland A, Sejnowski T, DiCarlo J, Kamitani Y, Takahashi H, Hikida T (2021) Natural and Artificial Intelligence: A brief introduction to the interplay between AI and neuroscience research. **Neural Netw**, 144, 603-613. (reviewed)

Matsumoto Y, Fujino J, Shiwaku H, Miyajima M, Doi S, Hirai N, Jitoku D, Takagi S, Tamura T, Maruo T, Shidei Y, Kobayashi N, Ichihashi M, Noguchi S, Oohashi K, Takeuchi T, Sugihara G, Okada T, Fujiwara T, *Takahashi H (2021) Factors affecting mental illness and social stress in hospital workers treating COVID-19: Paradoxical distress during pandemic era. **J Psychiatr Res**, 137, 298-302. (reviewed)

*Fujino J, Tei S, Itahashi T, Aoki YY, Ohta H, Izuno Nakamura T H, Shimizu M, Hashimoto RI, Takahashi H, Kato N, Nakamura M (2021) A single session of navigation-guided repetitive transcranial magnetic stimulation over the right anterior temporoparietal junction in autism spectrum disorder. **Brain Stimul**, 14, 682-684. (reviewed)

Shiwaku H, Doi S, Miyajima M, Matsumoto Y, Fujino J, Hirai N, Jitoku D, Takagi S, Tamura T, Maruo T, Shidei Y, Kobayashi N, Ichihashi M, Noguchi S, Oohashi K, Takeuchi T, Sugihara G, Okada T, Fujiwara T, *Takahashi H (2021) Novel brief screening scale, Tokyo Metropolitan Distress Scale for Pandemic (TMDDP), for assessing mental and social stress of medical personnel in COVID-19 pandemic. **Psychiatry Clin Neurosci**, 75, 24-25. (reviewed)

*Fujii K, Yoshihara Y, Matsumoto Y, Tose K, Takeuchi H, Isobe M, Mizuta H, Maniwa D, Okamura T, Murai T, Kawahara Y, Takahashi H (2020) Cognition and interpersonal coordination of patients with schizophrenia who have sports habits. **PLoS One**, 15, e0241863. (reviewed)

Tei S, Kauppi JP, Jankowski KF, Fujino J, Monti RP, Tohka J, Abe N, Murai T, *Takahashi H, Hari R (2020) Brain and behavioral alterations in subjects with social anxiety dominated by empathic embarrassment. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 117, 4385-4391. (reviewed)

Yamasaki S, Aso T, Miyata J, Sugihara G, Hazama M, Nemoto K, Yoshihara Y, Matsumoto Y, Okada T, Togashi K, Murai T, Takahashi H, *Suwa T (2020) Early and late effects of electroconvulsive therapy associated with different temporal lobe structures. **Transl Psychiatry**, 10, 344. (reviewed)

Takeuchi H, Tsurumi K, Murao T, Mizuta H, Kawada R, Murai T, *Takahashi H (2020) Framing effects on financial and health problems in gambling disorder. **Addict Behav**, 110, 106502. (reviewed)

*Koizumi A, Hori T, Maniscalco B, Hayase M, Mishima R, Kawashima T, Miyata J, Aso T, Lau H, Takahashi H, Amano K (2020) Atypical spatial frequency dependence of visual metacognition among schizophrenia patients. **Neuroimage Clin**, 27, 102296. (reviewed)

- Yoshihara Y, Lisi G, Yahata N, Fujino J, Matsumoto Y, Miyata J, Sugihara GI, Urayama SI, Kubota M, Yamashita M, Hashimoto R, Ichikawa N, Cahn W, van Haren NEM, Mori S, Okamoto Y, Kasai K, Kato N, Imamizu H, Kahn RS, Sawa A, Kawato M, Murai T, Morimoto J, [*Takahashi H.](#) (2020) Overlapping but Asymmetrical Relationships Between Schizophrenia and Autism Revealed by Brain Connectivity. **Schizophr Bull**, 46, 1210-8. (reviewed)
- *Fujino J, Tei S, Itahashi T, Aoki YY, Ohta H, Kubota M, Hashimoto RI, [Takahashi H](#), Kato N, Nakamura M. (2020) Role of the right temporoparietal junction in intergroup bias in trust decisions. **Hum Brain Mapp**, 41, 1677-1688. (reviewed)
- Tsurumi K, Aso T, Kawada R, Murai T, [*Takahashi H.](#) (2020) A positive shift in resting-state functional connectivity between the insula and default mode network regions reflects the duration of illness in gambling disorder patients without lifetime substance abuse. **Psychiatry Res Neuroimaging**, 295, 111018. (reviewed)
- Fujino J, Tei S, Itahashi T, Aoki YY, Ohta H, Kubota M, Hashimoto RI, Nakamura M, Kato N, [Takahashi H.](#) (2019) Impact of past experiences on decision-making in autism spectrum disorder. **Eur Arch Psychiatry Clin Neurosc**, 270, 1063-1071. (reviewed)
- Tei S, Fujino J, Itahashi T, Aoki Y, Ohta H, Kubota M, Hashimoto RI, Nakamura M, Kato N, [*Takahashi H.](#) (2019) Egocentric biases and atypical generosity in autistic individuals. *Autism Res*, 12, 1598-1608. (reviewed)
- Nomura H, Mizuta H, Norimoto H, Masuda F, Miura Y, Kubo A, Kojima H, Ashizuka A, Matsukawa N, Baraki Z, Hitora-Imamura N, Nakayama D, Ishikawa T, Okada M, Orita K, Saito R, Yamauchi N, Sano Y, Kusuhara H, Minami M, [*Takahashi H](#), Ikegaya Y (2019) Central Histamine Boosts Perirhinal Cortex Activity and Restores Forgotten Object Memories. **Biol Psychiatry**, 86, 230-239. (reviewed)
- Fujino J, Tei S, Itahashi T, Aoki Y, Ohta H, Kanai C, Kubota M, Hashimoto RI, Nakamura M, Kato N, [*Takahashi H.](#) (2019) Sunk Cost Effect in Individuals with Autism Spectrum Disorder. **J Autism Dev Disord**, 49, 1~10. (reviewed)
- Fujino J, Kawada R, Tsurumi K, Takeuchi H, Murao T, Takemura A, Tei S, Murai T, [*Takahashi H](#) (2018) An fMRI study of decision-making under sunk costs in gambling disorder. **Eur Neuropsychopharmacol**, 28, 1371-1381. (reviewed)
- Isobe M, Kawabata M, Murao E, Noda Matsuka Twa N, Kawada R, Uwatoko T, Murai T, Noma S, [*Takahashi H](#) (2018) Exaggerated envy and guilt measured by economic games in Japanese women with anorexia nervosa. **Biopsychosoc Med**, 12, 19. (reviewed)
- Fujino J, Tei S, Itahashi T, Aoki Y, Ohta H, Kubota M, Isobe M, Hashimoto RI, Nakamura M, Kato N, [*Takahashi H](#) (2019) Need for closure and cognitive flexibility in individuals with autism spectrum disorder: A preliminary study. **Psychiatry Res**, 271, 247-252. (reviewed)
- Matsumoto Y, Takahashi Hideyuki, Miyata J, Sugihara G, Murai T, [*Takahashi H.](#) (2018) Neural basis of altered earlier attention and higher order biological motion processing in schizophrenia. **Soc Neurosci**, 13, 594-601. (reviewed)
- Ono M, Kochiyama T, Fujino J, Sozu T, Kawada R, Yokoyama N, Sugihara G, Murai T, [*Takahashi H](#) (2018) Self-efficacy modulates the neural correlates of craving in male smokers and ex-smokers: an fMRI study. **Addict Biol**, 23, 1179-1188. (reviewed)
- Tei S, Kauppi JP, Fujino J, Jankowski KF, Kawada R, Murai T, [*Takahashi H](#) (2019) Inter-subject correlation of temporoparietal junction activity is associated with conflict patterns during flexible decision-making. **Neurosci Res**, 144, 67-70. (reviewed)
- Takeuchi H, Tsurumi K, Murao T, Mizuta H, Murai T, [*Takahashi H](#) (2019) Amygdala volume is associated with risky probability cognition in gambling disorder. **Addict Biol**, 24, 802-810. (reviewed)
- Mori Y, [*Miyata J](#), Isobe M, Son S, Yoshihara Y, Aso T, Kouchiyama T, Murai T, [Takahashi H](#) (2018) Effect of phase-encoding direction on group analysis of resting-state functional magnetic resonance imaging. **Psychiatry Clin Neurosci**, 72, 683-691. (reviewed)
- Tei S, Fujino J, Hashimoto RI, Itahashi T, Ohta H, Kanai C, Kubota M, Nakamura M, Kato N, [*Takahashi H](#) (2018) Inflexible daily behaviour is associated with the ability to control an automatic reaction in autism spectrum disorder. **Sci Rep**, 8, 8082. (reviewed)
- Yokoyama N, Sasaki H, Mori Y, Ono M, Tsurumi K, Kawada R, Matsumoto Y, Yoshihara Y, Sugihara G, Miyata J, Murai T, [*Takahashi H](#) (2018) Additive Effect of Cigarette Smoking on Gray Matter Abnormalities in Schizophrenia. **Schizophr Bull**, 44, 535-541. (reviewed)
- Fujino J, Tei S, Jankowski KF, Kawada R, Murai T, [*Takahashi H](#) (2017) Role of Spontaneous Brain Activity in Explicit and Implicit Aspects of Cognitive Flexibility under Socially Conflicting Situations: A Resting-state fMRI Study using Fractional Amplitude of Low-frequency Fluctuations. **Neuroscience**, 367, 60-71. (reviewed)
- Yamada T, Hashimoto RI, Yahata N, Ichikawa N, Yoshihara Y, Okamoto Y, Kato N, [Takahashi H](#), [*Kawato M](#) (2017) Resting-State Functional Connectivity-Based Biomarkers and Functional MRI-Based Neurofeedback for Psychiatric Disorders: A Challenge for Developing Theranostic Biomarkers. **Int J Neuropsychopharmacol**, 20, 769-781. (reviewed)

- Fujino J, Tei S, Hashimoto RI, Itahashi T, Ohta H, Kanai C, Okada R, Kubota M, Nakamura M, Kato N, *[Takahashi H](#) (2017) Attitudes toward risk and ambiguity in patients with autism spectrum disorder. **Mol Autism**, 8, 45. (reviewed)
- Saito N, Takahata K, Yamakado H, Sawamoto N, Saito S, Takahashi R, Murai T, *[Takahashi H](#) (2017) Altered awareness of action in Parkinson's disease: evaluations by explicit and implicit measures. **Sci Rep**, 7, 8019. (reviewed)
- Tei S, Fujino J, Kawada R, Jankowski KF, Kauppi JP, van den Bos W, Abe N, Sugihara G, Miyata J, Murai T, *[Takahashi H](#) (2017) Collaborative roles of Temporoparietal Junction and Dorsolateral Prefrontal Cortex in Different Types of Behavioural Flexibility. **Sci Rep**, 7, 6415. (reviewed)
- *Sugihara G, Oishi N, Son S, Kubota M, [Takahashi H](#), Murai T (2017) Distinct Patterns of Cerebral Cortical Thinning in Schizophrenia: A Neuroimaging Data-Driven Approach. **Schizophr Bull**, 43, 900-906. (reviewed)
- Murao E, Sugihara G, Isobe M, Noda T, Kawabata M, Matsukawa N, [Takahashi H](#), Murai T, *Noma S (2017) Differences in neural responses to reward and punishment processing between anorexia nervosa subtypes: An fMRI study. **Psychiatry Clin Neurosci**, 71, 647-658. (reviewed)
- Fujimoto A, Tsurumi K, Kawada R, Murao T, Takeuchi H, Murai T, *[Takahashi H](#) (2017) Deficit of state-dependent risk attitude modulation in gambling disorder. **Translational Psychiatry**, 7, e1085. (reviewed)
- Son S, *Miyata J, Mori Y, Isobe M, Urayama SI, Aso T, Fukuyama H, Murai T, [Takahashi H](#) (2017) Lateralization of intrinsic frontoparietal network connectivity and symptoms in schizophrenia. **Psychiatry Res Neuroimaging**, 260, 23-28. (reviewed)
- Takeuchi H, Tsurumi K, Murao T, Takemura A, Kawada R, Urayama SI, Aso T, Sugihara GI, Miyata J, Murai T, *[Takahashi H](#) (2017) Common and differential brain abnormalities in gambling disorder subtypes based on risk attitude. **Addict Behav**, 69, 48-54. (reviewed)
- Fujino J, Fujimoto S, Kodaka F, Camerer CF, Kawada R, Tsurumi K, Tei S, Isobe M, Miyata J, Sugihara G, Yamada M, Fukuyama H, Murai T, *[Takahashi H](#) (2016) Neural mechanisms and personality correlates of the sunk cost effect. **Sci Rep**, 6, 33171. (reviewed)
- Fujino J, Hirose K, Tei S, Kawada R, Tsurumi K, Matsukawa N, Miyata J, Sugihara G, Yoshihara Y, Ideno T, Aso T, Takemura K, Fukuyama H, Murai T, *[Takahashi H](#) (2016) Ambiguity aversion in schizophrenia: An fMRI study of decision-making under risk and ambiguity. **Schizophr Res**, 178, 94-101. (reviewed)
- Fujimoto A, *[Takahashi H](#). (2016) Flexible modulation of risk attitude during decision-making under quota. **Neuroimage**, 139, 304-312. (reviewed)
- [高橋英彦](#), 山下祐一, *[銅谷賢治](#) (2020) AIと脳神経科学—精神神経疾患へのデータ駆動と理論駆動のアプローチ. **Clinical Neuroscience**, 38, 1358-1363. (invited)
- *[高橋英彦](#) (2020) 意思決定障害としての精神疾患. **Clinical Neuroscience**, (invited)
- 三木寛隆, *[高橋英彦](#) (2018) 共感と司法精神医学. 生体の科学, 69, 68-72. (invited)
- *[高橋英彦](#) (2017) ギャンブル依存症の神経メカニズム. 医学のあゆみ, 263, 672-673. (invited)
- <学会発表等>
- [Takahashi H](#) (2020) Interface between AI and schizophrenia research. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.
- [Takahashi H](#) (2019) Altered decision-making as endophenotypes to bridge the gap between phenomenology and neurobiology. Personalized Value: Interdisciplinary Approach.
- [Takahashi H](#) (2019) Neuroimaging of gambling disorder. International Conference on Behavioral Addictions.
- [Takahashi H](#) (2019) Neuroimaging of gambling disorder. The 2nd International Behavioral Addiction Forum.
- [Takahashi H](#) (2018) Development of theranostic biomarkers for schizophrenia. Pan-Asia Symposium on the Genetics of Brain Disorders.
- [Takahashi H](#) (2017) The interface between AI and psychiatry (schizophrenia) research. Gatsby-Kaken Joint Workshop on AI and Neuroscience.
- [Takahashi H](#) (2017) Altered decision-making as endophenotypes to bridge the gap between phenomenology and neurobiology. Naito Conference.
- [Takahashi H](#) (2017) Flexible modulation of risk attitude during decision-making under quota and its disorder. Arrowhead 10 years on: What have we learned and what is there still to learn about the neural bases of decision-making?.
- [高橋英彦](#) (2020) 脳画像から見た統合失調症の身体的問題. 日本総合病院精神医学会.
- [高橋英彦](#) (2020) 物質依存と行動嗜癖の脳画像の共通点と差異点. NPBPPP2020.
- [高橋英彦](#) (2020) 精神科臨床からシナプス機能を考える. NPBPPP2020.
- [高橋英彦](#) (2020) Interface between AI and schizophrenia research. 日本神経科学学会.
- [高橋英彦](#) (2019) 依存症の脳画像. 日本アルコール関連学会.
- [高橋英彦](#) (2018) 依存症の脳画像研究における「卵か鶏」問題 依存になりやすい脳. 日本アルコール関連学会.

高橋英彦 (2018) 意思決定障害としての精神疾患の脳イメージング. ヒト脳イメージング研究会.

高橋英彦 (2018) 脳画像からみた情動・意思決定と精神障害. 日本神経科学会.

<書籍>

高橋英彦 (2020) 社会脳とギャンブル. 社会脳からところを探る, 荻阪直行, 日本学術協力財団. (109-124)

高橋英彦 (2019) 依存症の脳画像. アディクション・サイエンス, 宮田久嗣・高田孝二・池田和隆・廣中直行, 朝倉書店. (100-110)

<受賞>

高橋英彦 (2019) 日本アルコール・アディクション医学会 柳田知司賞.

Hayase M (2017) Poster Award of 13th NeuroPsychoEconomics Conference.

<報道発表>

Takahashi H (Tokyo Medical and Dental University) (2020) 脳機能的結合から統合失調症・自閉症の判別法を開発し, 両者の関係も明らかに—人工知能を用いた疾患判別法による精神疾患の関係性の解明に道!
https://www.tmd.ac.jp/archive-tmdu/kouhou/20200417_1.pdf.

Takahashi H (Kyoto University) (2017) ギャンブル依存症の神経メカニズム —前頭葉の一部の活動や結合の低下でリスクの取り方の柔軟性に障害—. 朝日新聞(4月5日 35面), 京都新聞(4月5日 25面), 産経新聞(4月5日 27面), 中日新聞(4月5日 3面), 日刊工業新聞(4月5日 27面), 日本経済新聞電子版(4月4日), 毎日新聞(4月5日夕刊 8面), 読売新聞(4月5日 34面), 時事通信(4月4日)に掲載およびNHK.
<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2017-04-05-0>.

<アウトリーチ等>

高橋英彦 (2018) 社会脳から見たギャンブル. 日本学術会議近畿地区会議 学術講演会. 一般向け講演会.

高橋英彦 (2019) 知・情・意の脳画像. 世界脳週間 2019. 一般向け講演会.

高橋英彦 (2020) 脳イメージングでみる依存症-ギャンブル依存を中心に—. 第28回脳の世紀シンポジウム. 一般向け講演会.

<A03 認知と社会性 公募研究 後期>

大関 洋平: 自然言語処理と神経生理計測を融合した言語の神経計算モデルの構築と検証

<雑誌論文>

* Shimoda S, Jamone L, Ognibene D, Nagai T, Sciutti A, Costa-Garcia A, Oseki Y, Taniguchi T (2022) What is the role of the next generation of cognitive robotics? **Advanced Robotics**, 36, 3-16. (reviewed)

* Saldana C, Oseki Y, Culbertson J (2021) Cross-linguistic patterns of morpheme order reflect cognitive biases: An experimental study of case and number morphology. **Journal of Memory and Language**, 118, 104204. (reviewed)

* Oseki Y, Marantz A (2020) Modeling human morphological competence. **Frontiers in Psychology**, 11, 513740. (reviewed)

* 吉田遼, 大関洋平 (2023) 統語的構成や自己注意を持つ言語モデルは「人間らしい」のか?. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 674-679.

* 磯野真之介+, 梶川康平+, 吉田遼+, 大関洋平 (2023) 極小主義に動機づけられた統語的教示に基づく言語モデル. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 952-957.

* 深津聡世+, 原田宥都+, 大関洋平 (2023) 深層学習モデルを用いた双方向形態屈折の検証. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 1627-1631.

* 原田宥都, 大関洋平 (2023) 情報ボトルネック法を用いた視線・脳情報デコード手法の提案. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 1632-1636.

* 菊池理紗, 大関洋平 (2023) 公的なメールに対するBERTを用いたセンチメント分析. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 1708-1712.

* 杉本侑嗣, 吉田遼, 鄭嬌婷, 小泉政利, Brennan J, 大関洋平 (2023) 左隅型再帰的ニューラルネットワーク文法による日本語 fMRI データのモデリング. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 2594-2599.

* 山下陽一郎, 原田宥都, 大関洋平 (2023) 人間らしい予測処理機構を取り入れた質問応答モデルの提案: 早押しクイズの平行問題を題材として. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 2891-2896.

* 染谷大河, 吉田遼, 中石海, 大関洋平 (2023) チョムスキー階層とニューラル言語モデル. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 2973-2977.

* 梶川康平, 吉田遼, 大関洋平 (2023) CCGによる日本語文処理のモデリング. 言語処理学会第29回年次大会発表論文集, 2984-2989.

* 山下陽一郎, 原田宥都, 大関洋平 (2022) 早押しクイズにおける予測処理: 機械の言語処理と人間の言語処理と. NLP 若手の会 (YANS) 第17回シンポジウム.

- *[染谷大河](#)+, [吉田遼](#)+, [中石海](#)+, [濱西祐之介](#)+, [大関洋平](#) (2022) チョムスキー階層とニューラル言語モデル. NLP 若手の会(YANS)第 17 回シンポジウム.
- *[中村梓甫](#), [染谷大河](#), [原田宥都](#), [持橋大地](#), [大関洋平](#) (2022) BERT による日本文学作品の著者分類とその分類根拠の分析. 情報処理学会 第 252 回自然言語処理研究会, 2022-NL-252, 1-6.
- [能地宏](#)+, *[大関洋平](#)+ (2022) どれほどの統語的教示が必要十分なのか?. 言語処理学会第 28 回年次大会発表論文集, 976-980.
- *[吉田遼](#), [大関洋平](#) (2022) トランスフォーマー文法. 言語処理学会第 28 回年次大会発表論文集, 448-452.
- *[染谷大河](#), [大関洋平](#) (2022) 日本語版 CoLA の構築. 言語処理学会第 28 回年次大会発表論文集, 1872-1877.
- *[染谷大河](#), [大関洋平](#) (2022) 日本語版 CoLA の構築の舞台裏. 言語処理学会 ワークショップ「日本語における評価用データセットの構築と利用性の向上」.
- *[染谷大河](#), [進藤裕之](#), [大関洋平](#) (2022) 情報抽出技術を用いた JCoLA の拡張に向けて. 言語処理学会第 28 回年次大会発表論文集, 290-295.
- *[栗林樹生](#), [大関洋平](#), [Brassard A](#), [乾健太郎](#) (2022) ニューラル言語モデルの過剰な作業記憶. 言語処理学会第 28 回年次大会発表論文集, 1530-1535.
- *[石月由紀子](#), [栗林樹生](#), [松林優一郎](#), [大関洋平](#) (2022) 情報量に基づく日本語項省略の分析. 言語処理学会第 28 回年次大会発表論文集, 442-447.
- *[能地宏](#), [大関洋平](#) (2021) 再帰的ニューラルネットワーク文法の並列化. 言語処理学会第 27 回年次大会発表論文集, 937-941.
- *[栗林樹生](#), [大関洋平](#), [伊藤拓海](#), [吉田遼](#), [浅原正幸](#), [乾健太郎](#) (2021) 日本語の読みやすさに対する情報量に基づいた統一的な解釈. 言語処理学会第 27 回年次大会発表論文集, 723-728.
- *[吉田遼](#), [能地宏](#), [大関洋平](#) (2021) 再帰的ニューラルネットワーク文法による人間の文処理のモデリング. 言語処理学会第 27 回年次大会発表論文集, 273-278.
- *[栗林樹生](#), [大関洋平](#), [伊藤拓海](#), [吉田遼](#), [浅原正幸](#), [乾健太郎](#) (2021) 予測の正確な言語モデルがヒトらしいとは限らない. 言語処理学会第 27 回年次大会発表論文集, 267-272.

<査読付国際会議論文>

- *[Kuribayashi T](#), [Oseki Y](#), [Brassard A](#), [Inui K](#) (2022) Context limitations make neural language models more human-like. **Proceedings of the 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)**, Long Paper, 10421-10436. (reviewed)
- *[Yoshida R](#), [Oseki Y](#) (2022) Composition, attention, or both? **Proceedings of the 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)**, Findings, 5822-5834. (reviewed)
- *[Yoshida R](#), [Oseki Y](#) (2022) Learning argument structures with recurrent neural network grammars. **Proceedings of the Society for Computation in Linguistics (SCiL)**, Long Paper, 101-111. (reviewed)
- *[Yoshida R](#), [Noji H](#), [Oseki Y](#) (2021) Modeling human sentence processing with left-corner recurrent neural network grammars. **Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)**, Short Paper, 2964-2973. (reviewed)
- *[Noji H](#), [Oseki Y](#) (2021) Effective batching for recurrent neural network grammars. **Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)**, Findings, 4340-4352. (reviewed)
- *[Kuribayashi T](#), [Oseki Y](#), [Takumi Ito](#), [Yoshida R](#), [Asahara M](#), [Inui K](#) (2021) Lower perplexity is not always human-like. **Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)**, Long Paper, 5203-5217. (reviewed)
- * [Oseki Y](#), [Asahara M](#) (2020) Design of BCCWJ-EEG: Balanced corpus with human electroencephalography. **Proceedings of the International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC)**, Short Paper, 189-194. (reviewed)"
- * [Oseki Y](#), [Marantz A](#) (2020) Modeling morphological processing in human magnetoencephalography. **Proceedings of the Society for Computation in Linguistics (SCiL)**, Long Paper, 209-219. (reviewed)
- * [Oseki Y](#), [Sudo Y](#), [Sakai H](#), [Marantz A](#) (2019) Inverting and modeling morphological inflection. **Proceedings of the 16th Workshop on Computational Research in Phonetics, Phonology, and Morphology (SIGMORPHON)**, Long Paper, 170-177. (reviewed)"
- * [Oseki Y](#), [Yang C](#), [Marantz A](#) (2019) Modeling hierarchical syntactic structures in morphological processing. **Proceedings of the Workshop on Cognitive Modeling and Computational Linguistics (CMCL)**, Long Paper, 43-52. (reviewed)

<学会発表等>

- [Oseki Y](#) (2023) Building machines that process natural language like humans. Princeton University NLP Group.
- [Oseki Y](#) (2023) Building machines that process natural language like humans. Michigan State University Colloquium.

- Oseki Y (2022) Building machines that process natural language like humans. Rutgers University Colloquium.
- Oseki Y (2022) Human language processing in comparative computational psycholinguistics. Dongguk University Colloquium.
- Oseki Y (2021) Human language processing in comparative computational psycholinguistics. Issues in Japanese Psycholinguistics from Comparative Perspectives (IJPCP).
- Oseki Y (2021) Reverse-engineering human language processing. Joint Workshop on Linguistics & Language Processing (JWLLP).
- Oseki Y (2020) What is the role of language in cognitive robotics?. What is the role of next generation of cognitive robotics?.
- Oseki Y (2020) Building machines that process natural language like humans. Logic and Engineering of Natural Language Semantics (LENLS).
- Oseki Y (2019) Construction and evaluation of neurocomputational models of natural language. Theory towards Brains, Machines and Minds.
- 大関洋平 (2023) 深層学習時代の心理言語学. 言語処理学会 ワークショップ「深層学習時代の計算言語学」.
- 大関洋平 (2022) 認知・脳科学から見た NLP の再現性. 言語処理学会 ワークショップ「NLP における再現性」.
- 大関洋平 (2021) 認知・脳情報処理による人間らしい言語処理モデルの開発. 生理学研究所 シンポジウム「情動の脳科学的理解に基づく人文系学問の再構築」.
- 大関洋平 (2021) Building machines that process natural language like humans. 奈良先端科学技術大学院大学 コロキアム.
- 高橋友太, 大関洋平, 酒井弘, 幕内充, 大須理英子 (2020) LSTM と MEG を用いた脳内言語処理メカニズムの推定. 第 30 回日本神経回路学会全国大会.
- 大関洋平 (2020) 心理言語学における計算論的転回. 慶應義塾大学医学部計算論的精神医学研究室.
- 大関洋平 (2019) 言語の神経計算モデルの構築と検証. マルチモーダル脳情報応用技術応用技術研究会. <報道発表>
- 大関洋平 (2023) 人間と AI が言葉で協働するくらしの実現に向けて. 科学技術振興機構. <https://www.jst.go.jp/sis/scenario/list/2023/03/202303-01.html>.
- 大関洋平 (2023) AWS 事例ピックアップインタビュー. クラスメソッド株式会社. <https://classmethod.jp/cases/u-tokyo-oseki/>.
- 大関洋平 (2021) 機械に人間らしく言葉を使わせるためには?. 株式会社フロムページ 夢ナビ. <https://yumenavi.info/lecture.aspx?GNKCD=g011513>.
- 大関洋平 (2021) 言葉を処理する AI は人のように「読み滞る」か?. 東北大学 大学院情報科学研究科. <https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2021/08/press20210819-03-ai.html>.
- <受賞>
- 吉田遼(大関研究室) (2023). 一高記念賞, 東京大学.
- 山下陽一郎(大関研究室) (2022) 早押しクイズにおける予測処理: 機械の言語処理と人間の言語処理と. 奨励賞, NLP 若手の会(YANS)第 17 回シンポジウム.
- 能地宏, 大関洋平 (2022) どれほどの統語的教示が必要十分なのか?. 委員特別賞, 言語処理学会 第 28 回年次大会.
- 能地宏, 大関洋平 (2021) 再帰的ニューラルネットワーク文法の並列化. 最優秀賞, 言語処理学会 第 27 回年次大会.
- 栗林樹生, 大関洋平, 伊藤拓海, 吉田遼, 浅原正幸, 乾健太郎 (2021) 予測の正確な言語モデルがヒトらしいとは限らない. 委員特別賞, 言語処理学会 第 27 回年次大会.
- 吉田遼(大関研究室) (2021) 再帰的ニューラルネットワーク文法による人間の文処理のモデリング. 若手奨励賞, 言語処理学会 第 27 回年次大会.
- Oseki Y, Yang C, Marantz A (2019) Modeling hierarchical syntactic structures in morphological processing. Best Paper Award, Cognitive Modeling and Computational Linguistics (CMCL).

三村 喬生: 社会的身体表現による個体間相互作用の生成モデル開発

<雑誌論文>

- *Mimura K, Matsumoto J, Mochihashi D, Nakamura T, Hirabayashi T, Higuchi M, *Minamimoto T(2023) Unsupervised decomposition of natural monkey behavior into a sequence of motion motifs. **bioRxiv**. (under review)
- Oyama K+, Hori Y+, Mimura K +, Nagai Y, Eldridge MAG, Saunders RC, Miyakawa N, Hirabayashi T, Hori Y, Inoue K, Sahara T, Takada M, Higuchi M, Richmond BJ, *Minamimoto T (2022) Chemogenetic disconnection

- between the orbitofrontal cortex and the rostromedial caudate nucleus disrupts motivational control of goal-directed action. **Journal of Neuroscience**, 42, 32, 6267-6275. (reviewed)
- Mimura K, Nagai Y, Inoue K, Matsumoto J, Hori Y, Chika Sato, Kimura K, Okauchi T, Hirabayashi T, Nishijo H, Yahata N, Takada M, Suhara T, Higuchi M, *Minamimoto T (2021) Chemogenetic activation of nigrostriatal dopamine neurons in freely moving common marmosets. **iScience**, 24, 9, 103066. (reviewed)
- Oyama K, Hori Y, Nagai Y, Miyakawa N, Mimura K, Hirabayashi T, Inoue K, Suhara T, Takada M, Higuchi M, *Minamimoto T (2021) Chemogenetic dissection of the primate prefronto-subcortical pathways for working memory and decision-making. **Science Advances**, 7, 26, eabg4246. (reviewed)
- Nagai Y, Miyakawa N, Takuwa H, Hori Y, Oyama K, Bin Ji, Takahashi M, Huang XP, Slocum ST, DiBerto JF, Xiong Y, Urushihata T, Hirabayashi T, Fujimoto A, Mimura K, English JG, Liu J, Inoue K, Kumata K, Seki C, Ono M, Shimojo M, Zhang MR, Tomita Y, Nakahara J, Suhara T, Takada M, Higuchi M, Jin J, Roth BR, *Minamimoto T (2020) Deschloroclozapine, a potent and selective chemogenetic actuator enables rapid neuronal and behavioral modulations in mice and monkeys. **Nature Neuroscience**, 23, 1157-1167. (reviewed)
- Mimura K, Oga T, Tetsuya Sasaki, Nakagaki K, Chika Sato, Kayo Sumida, Kohei Hoshino, Koichi Saito, Izuru Miyawaki, Suhara T, Aoki I, *Minamimoto T, *Ichinohe N (2019) Abnormal axon guidance signals and reduced interhemispheric connection via anterior commissure in neonates of marmoset ASD model. **Neuro Image**, 195, 243-251. (reviewed)
- *三村喬生, 松村杏子, 松村優哉, 関家友子 (2020) R によるテキスト分析入門. **情報の科学と技術**, 70, 4, 181-186. (invited)
- <学会発表等>
- *Mimura K (2021) Unsupervised temporal segmentation of marmoset goal-directed behavior . 10th International Symposium on Biology of Decision-Making.
- Mimura K, Matsumoto J, Sato C, Kimura K, Hori Y, Nagai Y, Inoue KI, Aoki I, Nishijo H, Suhara T, Takada M, Yahata N, Minamimoto T (2019) A chemogenetic toolbox with multimodal imaging and motion tracking for free marmoset behavior. 2019 Marmoset Bioscience symposium.
- *三村喬生 (2023) 機械学習を用いた霊長類の行動記述-自然非言語処理への挑戦-. 第4回 サル脳新技術研究会.
- *三村喬生, 松本惇平, 持橋大地, 中村友昭, 平林敏行, 樋口真人, 南本敬史 (2023) 教師なし機械学習を用いた霊長類の自由行動解析. 第12回 日本マーモセット研究会.
- *三村喬生 (2022) 自然非言語処理:数理モデルによる霊長類の行動記述. 生理研研究集会「心的状態の理解に向けた行動・生理指標の計測と解析」.
- *三村喬生 (2022) マーモセットの摂餌行動における時系列構造の計算論的解析. 生理研研究集会「行動の多様性を支える神経基盤とその動作様式の解明」.
- *三村喬生, 松本惇平, 持橋大地, 中村友昭, 平林敏行, 樋口真人, 南本敬史 (2022) ノンパラメトリックベイズモデルを用いたマーモセットの自由運動における時系列構造解析. 第11回 日本マーモセット研究会大会.
- *Mimura K, Matsumoto J, Mochihashi D, Nakamura T, Minamimoto T (2021) Unsupervised segmentation of the contextual structure inherent in goal-directed behavior in non-human primates. 第81回 日本動物心理学会大会.
- 三村喬生, 中村友昭, 松本惇平, 西条寿夫, 須原哲也, 持橋大地, *南本敬史 (2019) 霊長類における身体動作時系列の分節推移構造推定. 第33回 工知能学会全国大会.
- <書籍>
- キーラン・ヒーラー (著), 瓜生 真也 (翻訳), 江口 哲史 (翻訳), 三村喬生 (翻訳) (2021). 実践 Data Science シリーズ データ分析のためのデータ可視化入門, Yokoyama S, 講談社.
- <その他>
- 三村喬生 (2021) BeggineR Session - Nested data handling -. 第90回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2021) BeggineR Session - Data visualization -. 第89回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2020) Narrative of iris data. 第88回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2020) BeggineR Session - Data analysis -. 第86回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2020) BeggineR Session - Data visualization -. 第85回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2020) Landscape with R. 第83回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2019) BeggineR Session - Data visualization -. 第82回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2019) BeggineR Session - Visualization & Plot -. 第72回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2019) Introduction & Demonstration. 第80回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
- 三村喬生 (2019) R Interface to Python. 第79回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

- 三村喬生 (2019) BeggineR Session - Probability - . 第 78 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
三村喬生 (2019) BeggineR Session - Data analysis - . 第 77 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
三村喬生 (2019) BeggineR Session - Data analysis - . 第 76 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー
三村喬生 (2019) BeggineR Session - Data pipeline - . 第 75 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

山下 祐一: 深層学習を用いた安静時機能的MRIからの汎用特徴量抽出

<雑誌論文>

- Idei H, Murata S, *Yamashita Y, *Ogata T (2021) Paradoxical sensory reactivity induced by functional disconnection in a robot model of neurodevelopmental disorder. **Neural Networks**, 138, 150-163. (reviewed)
Yamashita Y* (2021) Psychiatric disorders as failures in the prediction machine. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, 75, 1~2. (reviewed)
Kato A, Kunisato Y, Katahira K, Okimura T, Yamashita Y (2020) Computational Psychiatry Research Map (CPSYMAP): A New Database for Visualizing Research Papers. **Frontiers in Psychiatry**, 11, 578706. (reviewed)
Idei H, Murata S, *Yamashita Y, *Ogata T (2020) Homogeneous Intrinsic Neuronal Excitability Induces Overfitting to Sensory Noise: A Robot Model of Neurodevelopmental Disorder. **Frontiers in Psychiatry**, 11, 762. (reviewed)
*Katahira K, Kunisato Y, Okimura T, Yamashita Y (2020) Retrospective surprise: A computational component for active inference. **Journal of Mathematical Psychology**, 96, 202347~102347. (reviewed)
*Katahira K, Kunisato Y, Yamashita Y, Suzuki S (2020) Commentary: A robust data-driven approach identifies four personality types across four large data sets. **Frontiers in Big Data**, 3, 8. (reviewed)
Lanillos P, Oliva D, Philippsen A, Yamashita Y, Nagai Y, *Cheng G (2020) A Review on Neural Network Models of Schizophrenia and Autism Spectrum Disorder. **Neural Networks**, 112, 338-363. (reviewed)
Fukazawa Y, Ito T, Okimura T, Yamashita Y, Maeda T, Ota J* (2019) Predicting anxiety state using smartphone-based passive sensing. **Journal of Biomedical Informatics**, 93, 103151~103151. (reviewed)
高橋英彦, 山下祐一, *銅谷賢治 (2020) AIと脳神経科学—精神神経疾患へのデータ駆動と理論駆動のアプローチ. **Clinical Neuroscience**, 38, 1358-1363. (invited)
出井勇人, 村田真悟, 尾形哲也, *山下祐一(2020) 不確実性の推定と自閉スペクトラム症-神経ロボティクス実験による症状シミュレーション. **精神医学**, 62, 219-229. (reviewed)
*沖村宰, 片平健太郎, 国里愛彦, 山下祐一 (2019) 統合失調症のコンピュータシミュレーション. **Brain and Nerve**, 71, 771-783. (invited)
*山下祐一 (2019) 計算論的精神医学: 脳の数理モデルを用いて精神疾患の病態に迫る. **生物学的精神医学誌**, 30, 3, 114-116. (invited)
*国里愛彦, 片平健太郎, 沖村宰, 山下祐一 (2019) うつに対する計算論的アプローチ —強化学習モデルの観点から—. **Japanese Psychological Review**, 62, 88-103. (reviewed)

<書籍>

- *山下祐一 (2020) 脳の計算理論に基づく発達障害の病態理解. 発達障害の精神病理 II, 内海健, 清水光恵, 鈴木國文, 星和書店.
宗田卓史, 国里愛彦, 片平健太郎, 沖村宰, *山下祐一 (2020) 計算神経科学と精神医学—情報の観点から精神疾患を見る. **精神医学の基盤 4/特集 精神医学の科学的基盤**, 加藤忠史, 学樹書院.
*国里愛彦, 片平健太郎, 沖村宰, 山下祐一 (2019). 計算論的精神医学, 勁草書房.

<学会発表等>

- Idei H, Murata S, *Yamashita Y, *Ogata T (2020) Unusual paradoxical sensory reactivities induced by functional disconnection: An embodied predictive processing model of neurodevelopmental disorder. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.
Soda T, Ahmadi A, Tani J, Hoshino M, Honda M, Hanakawa T, *Yamashita Y (2020) Early stopping effects stochastic dynamics and flexible prediction in variational recurrent neural network model. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.
Yamaguchi H, Hashimoto Y, Sugihara G, Miyata J, Murai T, Takahashi Honda H M, *Yamashita Y (2020) Feature extraction for Schizophrenia brain image using Convolutional neural network. International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science.
Haga Y, Hata J, Kaneko T, Yamada T, Komaki Y, Seki F, Okano H, Okano JH, Yamamori T, Ichinohe N, Yamashita Y, Furukawa A, *Komatsu M (2020) Resting-State Functional Connectome Analysis of Awake Common Marmoset with Functional MRI and Electroencephalographic. International Society for Magnetic Resonance in Medicine.

- *Yamashita Y (2020) Computational psychiatry: understanding psychiatric and neurodevelopmental disorders using computational modeling. The 3rd Kyutech International Workshop on Robotics and Innovation.
- *Komatsu M, Yamada T, Kaneko T, Okano H, Yamamori T, Ichinohe N, Yamashita Y (2019) Resting state networks on electrocorticograms reveal global and local cortical functional structures. 49th Annual Meeting of Society for Neuroscience.
- Murata S, Yanagida H, Katahira K, Suzuki S, *Ogata T, *Yamashita Y (2019) Large-scale Data Collection for Goal-directed Drawing Task with Self-report Psychiatric Symptom Questionnaires via Crowdsourcing. 2019 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC).
- Murata S, Hirano K, Higashi N, Kumagaya S, Yamashita Y, *Ogata T (2019) Analysis of Imitative Interactions between Typically Developed or Autistic Participants and a Robot with a Recurrent Neural Network. The 9th joint IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL) and the International Conference on Epigenetic Robotics (EpiRob).
- Yamaguchi H, Hashimoto Y, Honda M, *Yamashita Y (2019) Extracting feature from structural brain image using convolutional auto-encoder. 2019 OHBM annual meeting.
- Hashimoto Y, Ogata Y, Aizawa K, *Yamashita Y (2019) New approach for analysis of resting-state functional MRI: Convolutional auto-encoder. 2019 OHBM annual meeting.
- * Yamashita Y (2019) Computational psychiatry: understanding neuropsychiatric disorders using computational modeling. 2019 Annual Meeting of Korea NeuroPsychiatric Association (KNPA).
- *山下祐一 (2020) 脳の計算理論を用いて運動主体感異常の病態メカニズムに迫る. 第116回日本精神神経学会学術総会.
- 内田裕輝, 疋田貴俊, *山下祐一 (2020) 報酬/罰となる食塩;浸透圧維持の強化学習モデル. 日本数理生物学会.
- 高橋雄太, 村田真悟, 出井勇人, 富田博秋, *山下祐一 (2020) 予測符号化理論に基づくニューラルネットワークを用いた自閉スペクトラム症における表情認知特性に関する検討. 第42回日本生物学的精神医学会年会.
- Soda T, Ahmadi A, Tani J, Hoshino M, Honda M, Hanakawa T, *Yamashita Y (2020) Simulating altered inference of uncertainty in autism spectrum disorders using a variational recurrent neural network model. The winter workshop 2020 on Mechanism of brain and mind.
- *山下祐一 (2019) 脳の計算理論を用いて精神疾患の病態に迫る: 神経ロボティクスのアプローチ. 「次世代脳」冬のシンポジウム.
- *山下祐一 (2019) 計算論的精神医学: 脳の計算モデルに基づく精神障害の病態理解. 第24回情動・社会行動と精神医学研究会.
- *山下祐一 (2019) 階層的予測情報処理プロセスの失調としての精神障害: 神経ロボティクスのアプローチ. 生理研研究会「力学系の視点からの脳・神経回路の理解」.
- 宗田卓史, Ahmadi A, 谷淳・星野幹雄, 本田学, 花川隆, *山下祐一 (2019) 規則の推論過程における予測の確信度と汎化性能との関連. 日本発達神経科学学会第8回学術集会.
- 出井勇人, 村田真悟, *山下祐一, *尾形 哲也 (2019) 神経興奮性の変調による過学習と行動切り替えの困難さ—RNNとロボットを用いた発達障害の知見の橋渡し—. 日本発達神経科学学会第8回学術集会.
- 村田真悟, 柳田耀, 片平健太郎, 鈴木真介, 尾形哲也, *山下祐一 (2019) クラウドソーシングによる目標指向描画タスクと多尺度発達障害・精神障害精神疾患傾向の大規模データ収集. 日本発達神経科学学会第8回学術集会.
- *山下祐一 (2019) 計算論的精神医学: 脳の計算モデルを用いて精神疾患の病態に迫る. 蛋白研セミナー: 精神疾患の分子・回路病態研究の最前線.
- Yamaguchi H, Hashimoto Y, Sugihara G, Miyata J, Murai T, Takahashi H, Honda M, *Yamashita Y (2019) Extracting features from structural brain image using convolutional autoencoder. 第3回ヒト脳イメージング研究会.
- *山下祐一 (2019) 計算論的精神医学: 脳の計算理論による精神障害の病態理解. 第10回 脳型人工知能とその応用ミニワークショップ.
- *山下祐一 (2019) 計算論的精神医学に基づく精神障害の病態理解. 日本オミックス医学会シンポジウム.
- *山下祐一 (2019) 予測符号化理論に基づく統合失調症の病態理解: 精神病理学と神経科学の橋渡しとしての計算論的精神医学. 第115回日本精神神経学会学術総会.
- 柳田耀, 村田真悟, 片平健太郎, 鈴木真介, 尾形哲也, *山下祐一 (2019) 人とRecurrent Neural Networkの描画インタラクション実験 Web 実験による大規模学習用データ収集とその解析. 第33回人工知能学会全国大会.

*山下祐一 (2019) 脳の計算理論に基づく発達障害の病態理解の試み. 第2回「発達障害の精神病理」ワークショップ.

*山下祐一 (2019) 計算論的精神医学:脳の計算理論に基づく精神障害の病態理解. 第25回 全脳アーキテクチャ勉強会.

Suzuki K, Wada M, *Yamashita Y (2019) Modeling tactile temporal order judgement process using Hierarchical Gaussian Filter. Winter Workshop on Mechanism of Brain and Mind 2019.

*Yamashita Y (2019) Psychiatric and developmental disorders as failures in hierarchical predictive process: neurorobotics approach. Winter Workshop on Mechanism of Brain and Mind 2019.

<受賞>

山口博行(山下 Lab) (2020) 深層学習を使った精神疾患脳構造画像の特徴量抽出. 第116回日本精神神経学会学術総会 優秀発表賞.

<報道発表>

山下祐一(NCNP)(2020) 計算論的精神医学のデータベースの構築～精神疾患の理解と治療法の解決に向けて～. <https://www.ncnp.go.jp/topics/2020/20201204.html>.

山下祐一(NCNP)(2020) 神経発達障害の認知行動異常のメカニズムを解明.
<https://www.ncnp.go.jp/topics/2020/20200812.html>.

<A03 認知と社会性 公募研究 前期>

鈴木 真介:構造学習の脳計算モデル:脳イメージング実験と大規模 WEB 調査による検証

<雑誌論文>

*Suzuki S, Yamashita Y, Katahira K (2021) Psychiatric symptoms influence reward-seeking and loss-avoidance decision-making through common and distinct computational processes. **Psychiatry and clinical neurosciences**, 75, 277-285. (reviewed)

*Suzuki S, O'Doherty JP (2020) Breaking human social decision making into multiple components and then putting them together again. **Cortex**, 127, 221-230. (reviewed)

*Katahira K, Kunisato Y, Yamashita Y, *Suzuki S (2020) Commentary: A robust data-driven approach identifies four personality types across four large data sets. **Frontiers in Big Data**, 3, 8. (reviewed)

Fukuda H, Ma N, Suzuki S, Harasawa N, Ueno K, Gardner JL, Ichinohe N, Haruno M, Cheng L, *Nakahara H (2019) Computing Social Value Conversion in the Human Brain. **Journal of Neuroscience**, 39, 5153-5172. (reviewed)

* Reiter AFM, Suzuki S, O'Doherty JP, Li SC, Eppinger B (2019) Risk contagion by peers affects learning and decision-making in adolescents. **Journal of Experimental Psychology: General**, 148, 1494-1504. (reviewed)

*Bossaerts P, Suzuki S, O'Doherty JP (2017) Perception of Intentionality in Investor Attitudes Towards Financial Risks. **Journal of Behavioral and Experimental Finance**, 23, 189-197. (reviewed)

* Suzuki S, Cross L, O'Doherty JP (2017) Elucidating the underlying components of food valuation in the human orbitofrontal cortex. **Nature Neuroscience**, 20, 1780-1786. (reviewed)

* Hill CA, Suzuki S, Polania R, Moisa <, O'Doherty JP, Ruff CC (2017) A causal account of the brain network computations underlying strategic social behavior. **Nature Neuroscience**, 20, 1142-1149. (reviewed)

<学会発表等>

* Suzuki S (2018) Value computation in the human brain: its basis and contagious nature. Neuroeconomics Seminar.

* Suzuki S (2018) Food value computation in the human orbitofrontal cortex. Eighth International Symposium on Biology of Decision Making.

*鈴木真介 (2018) 戦略的行動の神経基盤:計算論的脳イメージングによる検証. 第22回実験社会科学カンファレンス.

*鈴木真介 (2018) 他者との駆け引きの神経基盤. 次世代脳プロジェクト冬のシンポジウム—脳と社会の共創を科学する:どう仮説し, どうアプローチするか—.

*鈴木真介 (2017) 価値とリスク評価の神経基盤:その基礎と社会的伝染. 第40回日本神経科学大会.

<受賞>

鈴木真介 (2017). 2017年度 平成29年度科学技術分野の文部科学大臣表彰・若手科学者賞.

鈴木真介 (2017) 脳と心の不思議～どうして他人のことが気になるの?～. 片平まつり 2017.一般向け講演会.

<報道発表>

Suzuki S (2017) あなたがランチを決めるとき「脳内」はどうなっているか. YAHOO!JAPAN ニュース..

Suzuki S (2017) 食物の価値をそれぞれの成分の価値の合計としてとらえる. Nature Japan 注目のハイライト.

小村 豊: 予測符合化モデルと、自律推論する脳機構との照合

<雑誌論文>

- 野口真生, 藤本蒼, *小村豊 (2018) メタ認知からみた意識の生物学. 人工知能学会誌, 33, 4, 468-471.
(reviewed, invited)
- 新國彰彦, *小村豊 (2017) 注意のスポットライトと視床. **Clinical Neuroscience**, 35, 945-948.
- Fujimoto S, *Komura Y (2017) The map of auditory function. **Brain and Nerve**, 69, 471-478.

<学会発表等>

- Yuza J, Okubo M, Komura Y, *Kajiwara R (2018) Contribution of nucleus accumbens to impulsive choice behavior based on the last reward experience. Society for Neuroscience meeting.
- Yuza J. Okubo M, Komura Y, Kajiwara, R. (2018) The role of nucleus accumbens for tolerance to delayed reward using two-choice maze in rats. The 11th FENS Forum of Neuroscience.
- Fujimoto S, Noguchi M, Nikkuni A, *Komura Y (2018) Neurobiology and statistics for reflective minds in primates. International symposium for cognitive neuroscience.
- Noguchi M, Fujimoto S, Nikkuni A, *Komura Y (2017) Core of neural network for conscious states and percepts in primate. Conscious Research Network.
- Nikkuni A, *Komura Y (2017) Self-evaluation in vision in monkeys and humans. ICCS.
- 新國彰彦, *小村豊 (2018) Maladaptive behavioral adjustment in metacognition. 第25回脳機能とリハビリテーション研究会学術集会.

<アウトリーチ等>

- 小村豊 (2018) 意識の再帰性を生み出す神経基盤. 新潟脳神経研究会特別例会.
- 小村豊 (2018) 自己省察のシステム神経科学. 同志社大学脳科学研究科セミナー.
- 小村豊 (2018) Feeling of Knowing or Unknowing の分岐機序. 第2回サロン・ド・脳. サイエンスカフェ
- 小村豊 (2017) 脳と体に宿るコギトの正体. 東京大学・特別講演. 一般向け講演会
- 小村豊 (2017) 無知の知を以て, 未知の世界を渡らん. 京大・公開講座. 一般向け講演会
- 小村豊 (2017) 迷う私と悟る脳. 世界脳週間講演会. 高校生向け授業
- 小村豊 (2017) 意思決定のシステム脳科学. SSH 特別講義. 高校生向け授業

山下祐一: 深層学習を用いた精神疾患の計算論的検査・評価法の開発

<雑誌論文>

- Idei H, Murata S, Chen Y, Yamashita Y, Tani J, *Ogata T (2018) A Neurorobotics Simulation of Autistic Behavior Induced by Unusual Sensory Precision. **Computational Psychiatry**, 2, 164-182. (reviewed)
- 片平 健太郎*, 山下祐一 (2018) 計算論的アプローチによる精神医学の研究方略および疾病分類の評価. 精神医学, 1309. (reviewed)

<学会発表等>

- *Suzuki S, Katahira K, Yamashita Y (2018) Reinforcement learning is impaired with obsessive-compulsive and schizotypal traits. 48th Annual Meeting of Society for Neuroscience.
- * Yamashita Y, Okimura T, Maeda T (2018) Aberrant sense of agency induced by delayed prediction signal in schizophrenia: a computational modeling study. International Consortium on Hallucination Research (ICHR) 2018.
- Idei H, Murata S, Yamashita Y, *Ogata T (2018) Altered self-nonsel self discrimination simulated on humanoid robot with a hierarchical neural network model. International Consortium on Hallucination Research (ICHR) 2018.
- 宗近亮弥, 出井勇人, 村田真悟, 山下祐一, *尾形哲也 (2018) 神経結合断裂 がもたらす感覚不確実性の推定異常—再帰型神経回路モデルを用いた精神疾患モデリング—. 日本発達神経科学学会第7回学術集会.
- 鈴木香寿恵, *山下祐一 (2018) Hierarchical Gaussian Filter を用いた時間順序判断シミュレーション実験. 日本発達神経科学学会第7回学術集会.
- Hashimoto Y, *Yamashita Y (2018) Convolutional Auto-encoder for Resting-state Functional MRI. 日本神経回路学会 第28回全国大会(JNNS2018).
- *山下祐一 (2018) 脳の計算理論に基づく自閉スペクトラム症の病態メカニズム仮説. 日本精神病理学会第41回大会.
- *山下祐一 (2018) 計算論的精神医学: 脳の数理モデルを用いて精神疾患の病態に迫る. 第40回日本生物学的精神医学会.

<受賞>

橋本侑樹(山下 Lab) (2018) Convolutional Auto-encoder for Resting-state Functional MRI. 日本神経回路学会 第 28 回全国大会大会奨励賞.

山下祐一(山下 Lab) (2018) Aberrant sense of agency induced by delayed prediction signal in schizophrenia: a computational modeling study. International Consortium on Hallucination Research (ICHR) Best Poster Presentation Award.

三村 喬生: 分節構造推定による自閉症モデル霊長類の家族行動解析

<雑誌論文>

Nakamura T, Nagai T, Mochihashi D, Kobayashi I, Asoh H, *Kaneko M (2017) Segmenting Continuous Motions with Hidden Semi-markov Models and Gaussian Processes. **Frontiers in Neurobotics**, 11, 67. (reviewed)
Abe H, Tani T, Mashiko H, Kitamura N, Miyakawa N, Mimura K, Sakai K, Suzuki W, Kurotani T, Mizukami H, Watakabe A, Yamamori T, *Ichinohe N (2017) 3D reconstruction of brain section images for creating axonal projection maps in marmosets. **J Neurosci Methods**, 286, 102-103. (reviewed)

<学会発表等>

Mimura K, Sato C, Matsumoto J, Aoki I, Ichinohe N, Suhara T, *Minamimoto T (2017) Atypical Behavioral and Neural Phenotypes in a Common Marmoset Model of Autism Spectrum Disorder. 12th International "Stress and Behavior" Society Regional Conference (Asia).

Matsumoto J, Nishimaru H, Takamura Y, Mimura K, Asaba A, Suzuki W, Ichinohe N, Minamimoto T, Ono T, *Nishijo H (2017) 3D-Tracker, an open-source 3D video based behavioral analysis system for laboratory animals for neuroscience. **Neuroscience 2017**.

Mimura K, Nakagaki K, *Ichinohe N (2017) Distrbed Vocal Communication in Common Marmoset Family with an Autism-Model Child. 24 th Inernational "Stress and Behavior" Conference.

松本淳平, 西丸広史, 高村雄策, 三村喬生, 浅場明莉, 鈴木航, 一戸紀孝, 南本敬史, 小野武年, *西条寿夫 (2017) げっ歯類とサルのためのオープンソース3次元ビデオ行動解析システムの開発と神経科学への応用. 2017 年度生命科学系学会合同年次大会.

三村喬生, 永井裕司, 井上謙一, 須原哲也, 高田昌彦, *南本敬史 (2017) 化学遺伝学と PET イメージングの融合による黒質線条体ドーパミン神経活動制御. 第七回 日本マーマセット研究会大会.

三村喬生, 松本淳平, 西条寿夫, 須原哲也, *南本 敬史(2017) 機械学習を用いた自由行動下における頭部方向測定法の開発. 第七回 日本マーマセット研究会大会.

野匡隼, 中村友昭, 長井隆行, 持橋大地, 小林一郎, *金子正秀 (2017) 階層ディリクレ過程による動作クラス数推定を導入した GP-HSMM による連続動作からの基本動作抽出. 情報処理学会 第 80 回全国大会.

<アウトリーチ等>

三村喬生 (2018) BeggineR Session - Data pipeline -. 第 73 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

三村喬生 (2018) Landscape with R - the Japanese R community -. 第 71 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

三村喬生 (2018) BeggineR Session - Bayesian Modeling -. 第 70 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

三村喬生 (2018) BeggineR Session - Data Import/Export -. 第 69 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

三村喬生 (2018) R 初心者セッション -Data import/Export. 第 68 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

三村喬生 (2018) R 初心者セッション -Data manipulation. 第 67 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

三村喬生 (2018) 自然非言語への挑戦. 第 4 回 Language & Robotics 研究会. 一般向け講演会・セミナー, oral presentation (査読なし)

三村喬生 (2017) R 初心者セッション -Data manipulation. 第 66 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

三村喬生 (2017) 初心者セッション 3. 第 60 回 Tokyo.R. 一般向け講演会・セミナー

<領域ホームページ>

新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」: <http://www.brain-ai.jp/jp/>

<領域主催シンポジウム・ワークショップ>

International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science. 2022/7/4-6. Okinawa Institute of Science and Technology (online hybrid) (<http://www.brain-ai.jp/symposium2022/>)

International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science. 2020/10/10-12. Online.

(<http://www.brain-ai.jp/symposium2020/>)

UCL-Gatsby-NTT-AIBS Joint Workshop. 2018/10/22-23, OIST Seaside House.

Korean AI Flagship Project Joint Workshop. 2018/1/29-30. Willy Hilly Park, Korea.

第 27 回日本神経回路学会 新学術領域シンポジウム: 人工知能と脳科学. 2017/9/20. 北九州国際会議場.

第 40 回日本神経科学大会企画シンポジウム: Artificial Intelligence and Brain Science. 2017/7/23. 幕張メッセ.

8 研究組織の連携体制

研究領域全体を通じ、本研究領域内の研究項目間、計画研究及び公募研究間の連携体制について、図表などを用いて具体的かつ簡潔に1頁以内で記述すること。

下の表に示すように、領域内ではAIの理論モデルやデータ解析手法、脳計測と操作の実験技術など多様な共同研究が3つの項目を超えて幅広く行われた。これらの共同研究は、Policy information capacity (Furuta et al. ICML 2021), セロトニンとモデルベース意思決定(Ohmura et al. **Current Biology** 2021), Neuro-SERKET (Taniguchi et al. **New Generation Computing** 2019)など多くの成果につながっている。

また共同研究の過程は、実験系の研究室メンバーが機械学習手法を学ぶ、理論系の研究室メンバーが生の実験データを解析するなど、融合分野の人材育成において有意義なものであった。

A01	松尾豊	A01	銅谷賢治	深層強化学習アルゴリズムの開発と解析
A01	銅谷賢治	A01	池上高志	内発的報酬の計算モデル
A01	銅谷賢治	A01	大村優	マウス行動のモデルベース解析
A01	銅谷賢治	A02	内部英治	深層強化学習・逆強化学習に関するアルゴリズム開発
A01	銅谷賢治	A03	高橋英彦	統合失調症患者の行動データ解析
A01	A. Benucci	A01	濱口航介	2光子顕微鏡画像からの細胞セグメンテーション
A01	小松三佐子	A03	山下祐一	マーモセット ECoG データの計算モデルベース解析
A01	近添淳一	A01	柳澤啄史	表象類似度解析を用いた ECoG データの時系列解析
A01	平山淳一郎	A01	近添淳一	脳局所情報からの全脳情報の解読
A01	柳井啓司	A02	井上謙一	AIを利用した神経回路トレーシング法
A01	柳澤啄史	A03	小林一郎(谷口)	皮質脳波による画像意味推定
A01	深井朋樹	A03	大関洋平	言語の時系列解析の神経メカニズム
A02	森本淳	A03	谷口忠大	動作の分節化と模倣学習
A02	森本淳	A03	高橋英彦	精神疾患の脳活動解析への人工知能技術の応用
A02	五味裕章	A01	銅谷賢治	ベイジアン感覚モデルによる仮説検証
A02	松本正幸	A02	井上謙一	マカクザルに適用可能な光遺伝学技術の開発
A02	松本正幸	A02	井澤淳	意思決定の強化学習モデルと脳内基盤
A02	疋田貴俊	A01	濱口航介	神経活動データ解析
A02	疋田貴俊	A02	井上謙一	直接路と間接路の機能解剖的解析
A02	疋田貴俊	A03	山下佑一	マウス行動の計算論的解析
A02	井上謙一	A01	銅谷, 柳井, 庄野	神経細胞分布の自動解析技術の開発
A02	井上謙一	A03	三村喬生	霊長類における化学遺伝学技術の開発
A03	谷口忠大	A01	池上高志	記憶を有するニューラルネットによる記号接地
A03	谷口忠大	A01	鈴木雅大(松尾)	Neuro-SERKET: 深層学習を活用した統合的生成モデル
A03	谷口忠大	A01,03	鈴木, 銅谷, 坂上	確率的生成モデルによる全脳認知アーキテクチャー
A03	中原裕之	A02	松本 正幸	価値の学習と意思決定の神経メカニズム
A03	坂上 雅道	A02	小林和人	DREADD 実験のためのウイルス供給
A03	坂上雅道	A02	井上謙一	霊長類での微小内視鏡を用いたカルシウムイメージング
A03	高橋英彦	A03	谷口忠大	統合失調症の思考障害の計算モデル
A03	高橋英彦	A03	山下祐一	深層学習を用いた精神疾患の計算論的検査・評価法
A03	三村喬生	A03	谷口忠大	マーモセットの社会行動分節解析
A03	三村喬生	A01	小松三佐子	情動生成の皮質内メカニズム
A03	鈴木真介	A03	山下祐一	強化学習と精神疾患傾向: 大規模 WEB 調査による検証

9 研究費の使用状況

研究領域全体を通じ、研究費の使用状況や効果的使用の工夫、設備等(本研究領域内で共用する設備・装置の購入・開発・運用、実験資料・資材の提供など)の活用状況について、総括班研究課題の活動状況と併せて具体的かつ簡潔に2頁以内で記述すること。また、領域設定期間最終年度の繰越しが承認された計画研究(総括班・国際活動支援班を含む。)がある場合は、その内容を記述すること。

計画研究予算の最大の要素は、研究推進の主力となるポスドク研究者人件費であった。

初年度には、A02 森本は、学習アルゴリズム検証のためのロボットマニピュレータを導入し、A02-2 五味は、ヒトの動作を解析するためのモーションキャプチャシステムを導入した。また A01 銅谷、A02 疋田は、マウスの脳イメージングのための顕微鏡システムを導入し、その後の研究に活用した。

A01 田中、A01 中原は、ヒト脳活動計測のための MRI 装置の利用料と被験者謝金を支出した。

コロナ禍によるキャンパス閉鎖などのため、多くの研究室で実験の中断を余儀なくされたため、複数の課題が R3 年度に予算繰越しをして研究を完了した。

総括班では、人工知能と脳科学サマースクールのため学生と講師の国内旅費、また研究室間の若手研究者の派遣のために旅費を支給した。を活用した。ニュースレター発行、web サイト運営、領域事務局の人件費に予算を活用した。

コロナ禍により国内でも研究者の相互派遣は R2 年度はほとんど不可能になったが、延期になったものは予算繰越しにより R3 年度以降に実施した。

国際活動支援班予算は、Gatsby Computational Neuroscience Unit, University College London との合同ワークショップ、神経科学大会シンポジウム、脳と心のメカニズムワークショップでの AI と脳科学のテーマでの領域主催のセッションのための旅費、また海外との研究者の派遣招聘に活用した。

最終年度の International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science は、コロナ禍によりオンライン開催となり、予定していた海外招聘旅費が不要となったが、シンポジウムでの議論をもとにした Neural Networks 誌の特集号の出版において、繰越し予算を領域メンバーによる論文の Open Access 費用として活用した。

10 当該学問分野及び関連学問分野への貢献の状況

研究領域全体を通じ、本研究領域の成果が当該学問分野や関連学問分野に与えたインパクトや波及効果などについて、「革新的・創造的な学術研究の発展」の観点から、具体的かつ簡潔に1頁以内で記述すること。なお、記述に当たっては、応募時に「①既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指すもの」、「②当該領域の各分野発展・飛躍的な展開を目指すもの」のどちらを選択したか、また、どの程度達成できたかを明確にすること。

応募時には「①既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指すもの」を選択した。当領域の5年間の活動は、AIから脳、脳からAI、AI脳融合のそれぞれの方向で、幅広いインパクトを広げてきた。

AIから脳：脳科学に統計的機械学習などのAI手法を導入することは世界的には大きな流れになっているが、日本ではそのような取組は遅れがちであった。当領域では、AIと脳科学の先端的な研究者と各ラボの若手メンバーが定常的に交流を持つ中で、神経画像処理へのディープラーニングの応用、高次元神経活動データのデコーディングや低次元特徴量の抽出、行動データの強化学習モデル解析、感覚データのベイズモデル解析などが広く使われるようになった。その結果を論文や学会などで積極的に発信することにより、日本の脳科学におけるAIアプローチの導入を大きく促進した。

脳からAI：人工知能分野では、ディープラーニングは単に便利なブラックボックスとして活用するという立場の技術者が大半であったが、当領域の公募説明会や主催、共催のシンポジウムには、産業界を含む多数の技術者、研究者の参加があり「脳から学ぶべきことはディープラーニングの他にもある」という当領域のメッセージは広く伝わった。

また、松尾は日本ディープラーニング協会(<https://www.jdla.org>)の設立を主導し、ソフトバンクの社外取締役役に招かれ、谷口はパナソニックのテクノロジー本部客員総括主幹技師にクロスアポイントされるなど、脳にならったAIへの産業界の関心を喚起し、社会応用への取り組みを進めている。

AI脳融合：2020年10月に開催したInternational Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science (<http://www.brain-ai.jp/symposium2020/>)には1,800名以上の参加登録があり、その半数以上は海外からのものであり、当領域の取組は世界的に注目を集めた。

そこでの5つのセッション

- Deep Learning and Reinforcement Learning
- World Model Learning and Inference
- Metacognition and Metalearning
- AI for Neuroscience and Neuromorphic Technologies
- Social Impact and Neuro-AI Ethics

での世界的な研究者の講演と議論にもとづく展望論文を核としたNeural Networks誌の特集号は、世界中から40件の論文を集め、融合領域の研究推進に貢献している(<https://www.sciencedirect.com/journal/neural-networks/special-issue/1017VB2Z2R5>)。

また、2022年7月には第2回のInternational Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science (<http://www.brain-ai.jp/symposium2022/>)を、Neuro2022のサテライトシンポジウムとしてOISTにおいてハイブリッド開催し、このコミュニティでの研究成果の交換と議論を継続した。

さらに領域メンバーは、IJCAI, IROS, ICLR, NeurIPSなどの国際会議で、AIと脳に関するワークショップを企画したり招待講演を行う形で、AI脳融合研究の世界的なコミュニティを牽引している。

このように、ともすると専門化により乖離する傾向にあった人工知能と脳科学を最接近させ、そこから革新的・創造的な学術研究の発展を促すという当領域のねらいは新たな研究潮流として定着し、本報告書で報告したように当領域メンバーによるものを含め、新たな研究成果を多数生み出しつつある。



11 若手研究者の育成に関する取組実績

研究領域全体を通じ、本研究領域の研究遂行に携わった若手研究者（令和3年3月末現在で39歳以下。研究協力者やポストドク、途中で追加・削除した者を含む。）の育成に係る取組の実績について、具体的かつ簡潔に1頁以内で記述すること。

人工知能と脳科学の融合領域の若手の育成に向け、総括班育成支援委員会を中心に以下のチュートリア企画を主催、共催した。

主催企画

「人工知能と脳科学の対照と融合」第1回若手サマースクール. 2017/8/2-4. 理化学研究所

http://www.brain-ai.jp/jp/summer_school2017/

参加者 30 名、講師 10 名

「人工知能と脳科学の対照と融合」第2回若手サマースクール. 2019/7/31-8/2. 理化学研究所

http://www.brain-ai.jp/jp/summer_school2019/

参加者 30 名、講師 10 名

共催企画

Initiative for a Synthesis in Studies of Awareness (ISSA) Summer School. 2017/5/22-6/2,

CiNet, Osaka University. <https://groups.oist.jp/issa>

IRCN 神経科学コンピューテーションコース. 2019/3/21-24. 東京大学ニューロインテリジェンス国際研究機構

https://ircn.jp/neuro_inspired

また総括班育成支援委員会および国際活動支援班では、学生やポストドク研究者を国内・海外の共同研究先との間での派遣招聘するプログラムを実施した。

- 海外派遣 5 件
- 海外招聘 9 件
- 国内派遣招聘 5 件
- サマースクール参加者旅費 第1回 25 件、第2回 25 件

海外派遣は、DeepMind, Google Brain などの研究者との国際会議共著論文の採択につながり(Paramas et al. ICML 2018, Viellard, Kozuno et al. NeurIPS 2020, Furuta et al. ICML 2021)、若手研究者のキャリア形成にも大きく役立った。

12 総括班評価者による評価

研究領域全体を通じ、総括班評価者による評価体制（総括班評価者の氏名や所属等）や本研究領域に対する評価コメントについて、具体的かつ簡潔に2頁以内で記述すること。

1. 大森 隆司（玉川大学教授）

本研究領域は、(1)脳科学へのAI技術の適用、(2)脳科学の知見からのAIの新概念の構築への貢献、(3)脳科学とAIの融合研究を推進する研究者の育成、という3つの目標があった。

- (1) 脳科学へのAI技術の適用については、AIのデータ分析の理論や手法は脳科学分野で従来は困難であった課題を解決する有力な道具となり、本研究領域においても多くの共同研究が実施されている。その成果は、動的ベイズ推定の概念の導入や大脳皮質における大規模神経回路の振る舞いを説明する確率モデルの検討など、新たな理論モデルの開発という形で表れつつある。まさに、新学術領域の構築の一つの表れと理解できる。
- (2) 脳科学からAIへの貢献については、従来よりAIの発展の多くは人や動物の知的行動からのヒントによる開発目標の設定という形であり、特定の知見が直接にAIの新技术につながるものではない。その意味で、本研究領域においても脳の総体的な姿の理解はAI研究者の研究の方向性に大きな影響を与えており、階層ロボット制御、並列強化学習、逆強化学習などの個別の研究成果だけでなく、Deep Learningと記号処理の融合や脳を確率生成モデルのネットワークと考えるSERKETなど、汎用的なAIの設計原理につながる新しい概念の開発に寄与している。その成果が具体的な姿を取るのはまだ時間がかかると思われるが、本研究領域の意義が大いに発揮された成果と考えられる。
- (3) 脳科学とAIの融合研究は必然的に求められるものではあるが、自動的に実現されるものではなく、本研究領域のように意図的に推進して研究者を育成しなければ定着しない。そこで重要なのは、若手の研究者がこの分野を目指すことであるが、それには脳科学およびAIの両分野のトップレベルの研究者が研究を行う姿を若手に見せることが、効果的である。その意図により2020年度に行われた世界的に著名な研究者と日本の研究者の協働による国際シンポジウム、Neural Networks特集号などにより、AIと脳科学を融合する国際的なネットワークの形成に成功した。この分野での今後の若手研究者の活躍が期待できる。

2. 北澤 茂（大阪大学大学院・生命機能研究科・教授）

本領域は、人工知能研究と脳科学研究を結び付けて、新たな学習アルゴリズムを開発して脳機能の解明を目指す意欲的な融合領域として発足した。A01「知覚と予測」班はパターン認識で成功を収めた人工神経回路がなぜ成功したのかを情報理論に立脚して理論的に解明し、さらに大脳皮質が階層ベイズ推定を行っているという仮説を検証することを目標として掲げた。A02「運動と行動」班は多自由度系で限られたデータから必要十分な内部モデルを学習する脳の仕組みの解明と、それに基づく人型ロボットの学習制御を実現すること、を目標とした。A03「認知と社会性」班は認知機能を支える分節化の機構を解明して、ヒト型ロボットでの見まね学習や意図の推定に適用を計ることを目標とした。さらに領域全体として、人工知能と脳科学の融合領域を切り開く人材を育成すること、を目標として掲げた。

5年間の研究を通じて、A01班はベイズ推定の重要な要素である事前確率がセロトニン神経の活動に依存していることを明らかにするとともに、前頭眼窩野と内側前頭前野に異なる内部モデルが機能していることを明らかにした(Nat Commun 2018, Sci Advances 2020)。大脳皮質の錐体細胞で樹状突起から細胞体への情報損失を最小化するという原理で学習則を導出した公募深井班の研究成果(Nat Commun 2020)も注目に値する。

A02班はヒトや動物の多彩な運動機能とその階層的な脳機構にならった制御アーキテクチャを開発し、ヒューマノイドロボット制御による検証を行なった。新規に開発したアーキテクチャを用いて、前後横への歩行、不整地でのスケートなど20以上の行動生成を可能とし、その中の複数の行動をなめらかにつないだ制御を可能なことを示した。

A03班は言語獲得過程のモデル化を通じて、ヒトの脳を多様な確率的生成モデルのネットワークとしてとらえ汎用人工知能の設計原理とするという構想を打ち出し、それを実装するためのツールNeuro-

SERKET を開発・公開した。以上の通り、各研究項目とも、当初掲げた目標を達成する見事な成果を挙げたと評価できる。

人工知能と脳科学の融合領域の人材育成に関しては、若手のサマースクールを4回にわたって開催し、さらに若手研究者を海外に派遣するプログラムを実施した。その結果、DeepMind, Google Brain などの研究者との国際会議共著論文が採択され若手研究者のキャリア形成に大きく役立った。また、2020年に開催した国際シンポジウムには全世界から1,800名以上の参加登録があり、それを契機とした特集論文誌には世界から50件以上の投稿が集まった。さらにIJCAI, ICLR, NeurIPSなど人工知能分野のトップレベルの国際会議でもAIと脳に関するワークショップが当領域のメンバーを交えた形で継続的に開催されている。つまり融合領域の人材育成と国際化にも十分以上の貢献をしたと言えるだろう。

以上の通り、本領域は乖離する傾向にあった人工知能と脳科学を再び融合し、そこから革新的・創造的な学術研究の発展を促すことに成功した。本領域が育んだ学術的な成果と人材によって、今後も新たな研究成果が多数生み出されることだろう。

付録

「人工知能と脳科学」ニュースレターVol. 10:成果報告特集号(2022年3月)

「人工知能と脳科学」領域の5年間とこれから

新学術領域研究「人工知能と脳科学」領域代表 / 沖縄科学技術大学院大学 神経計算ユニット 教授 銅谷 賢治

私たちの新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」は、「それぞれの研究の高度化のなかで乖離して行った人工知能研究と脳科学研究を再び結びつけ、両者の最新の知見の学び合いから新たな研究ターゲットを探り、そこから新たな学習アルゴリズムの開発や脳機構の解明を導く」ということを目標に、2016年度にスタートし2021年3月に終了を迎えました。計画研究11課題、公募研究前期18課題、後期20課題の連携のもと、人工知能技術や計算理論により脳機能を解明する「AIから脳」、脳科学の知見を次世代の人工知能の設計開発に活かす「脳からAI」、さらに新たな研究コミュニティを形成し人材育成を行う「AI脳融合」という3つの方向で研究活動を展開して来ました。この約5年の取り組みの中で、新たな脳科学的発見や人工知能技術の開発が進んだだけでなく、両分野の研究者が「知能はどう生まれるのか」という共通の関心に向け頭を寄せ合い取り組むネットワークが動きだしたこと、またAIと脳科学の双方の知見や技術をもとに将来の科学技術を担う若い研究者たちの姿を見るにつけ、この領域を立ち上げて良かったと改めて感じています。

「AIから脳」という方向では、強化学習やベイズ推定の理論をもとに計画した実験やデータ解析によって、ドーパミン細胞が行動の選択肢の評価から行動選択に関して大脳皮質よりも早く応答することや、セロトニンが報酬予測の事前確率や、モデルフリーとモデルベースの意思決定のバランスを制御するといった新たな発見が得られました。

「脳からAI」という方向では、ヒトや動物の脳の階層並列学習制御機構をもとに、人型ロボットの運動スキルの制御方式や、報酬と罰からの並列的な強化学習アルゴリズムを開発し、シミュレーションやロボット実験でその有効

性を実証することができました。さらに脳全体を確率生成モデルのネットワークとして捉えて、それを汎用的な人工知能の設計原理とするという構想を打ち出し、それを実装するためのツールNeuro-SERKETを開発、公開しました。



「AI脳融合」の面では、両分野の研究者を集めたワークショップやシンポジウムを多数開催するとともに、理研CBSと共催のサマーコース、東大IRCNと共催のチュートリアルコースを開催するなど、若手の育成に力を入れて来ました。2020年10月に開催したInternational Symposium on Artificial Intelligence and Brain Scienceは両分野の先端を走る研究者を講師に迎え、オンラインながら参加登録者が1,800名以上にのぼる反響を呼び、その成果をもとにNeural Networks誌の特集号が出版されています。

この領域から生まれた国際的ネットワークと若手研究者は、AIと脳科学を融合する次世代の研究を大いに発展させてくれることでしょう。それを可能にしてくれた、科研費新学術領域研究制度とその審査員やアドバイザー、学術調査官や事務局の皆様、またこのニュースレターを読まれ私たちの研究を叱咤激励して下さった皆様に心より感謝いたします。



人工知能と脳科学サマースクール 2017

多階層表現学習の数理基盤と神経機構の解明

研究代表者：銅谷 賢治（沖縄科学技術大学院大学 神経計算ユニット 教授）

近年の人工知能のブレークスルーは、ディープラーニングによる多層神経回路の表現学習と、強化学習による状態や行動の価値評価を結びつけることによって実現しました。私たちは、ディープラーニングを強化学習により確実に効率よく適用するための手法の開発と、脳の柔軟な強化学習を実現している神経回路や物質の機構を解明するための生物実験を両輪として研究を進めてきました。

1) 多階層表現学習の数理基盤：ディープラーニングと強化学習は、これから得られる報酬の予測や、環境の現在の状態の推定や未来の状態の予測など、様々な形で組み合わせることができます。私たちは、複雑な環境の予測モデルを強化学習に用いる場合の理論的な課題とその解決策（Parmas et al., ICML2018）、学習の安定性を保証しながらデータ効率を改善するアルゴリズムと数理解析（Kozuno et al., AISTATS2019）、ループを持つニューラルネットによる隠れ状態の推定を用いた強化学習（Han et al., ICLR2020）など、新たな手法を開発し、AI分野の先端的な国際会議で発表を行いました。

2) 多階層表現学習の神経機構：脳の強化学習では、神経伝達物質のドーパミンと、その入力を強く受ける大脳基底核が重要な役割を果たすと考えられています。大脳基底核は複数の神経核とそれらの中の様々な種類の神経細胞から構成されています。私たちはそれらの中でもドーパミン細胞に直接出力を送る種類の神経細胞の活動を、最新の内視鏡型の顕微鏡と、細胞種選択的なカルシウム蛍光イメージングにより捉えることに成功しました。解析の結果これらの細胞は、マウスが特定の匂いから報酬や罰を予測する学習が進むにつれて、予測される報酬や罰に応じて活動をするようになることを明らかにしました（Yoshizawa et al., eNeuro, 2018）。

3) 脳の学習の制御機構：脳の学習や行動制御は、大脳皮質や大脳基底核などの様々な機能モジュールが柔軟に連携し合う

ことで実現されています。私たちは、強化学習においてどれだけ先の報酬を考慮すべきかという問題に関して、神経伝達物質のセロトニンが、その脳の幅広い領野への出力によってバランス制御を行っているという仮説をもとに、その検証実験を進めて来ました。オプトジェネティクスという手法で、セロトニン神経細胞を選択的に光で刺激すると、マウスはエサの報酬をより長く待てるようになります（Miyazaki et al., Current Biology, 2014）。私たちはさらに、その効果は報酬が確実に得られるけれどもそのタイミングが不確かな場合に特に強いことを明らかにしました（Miyazaki et al., Nature Communications, 2018）。この現象は、マウスは報酬の待ち時間の予測モデルをもとに待ち続けるか諦めるかの意思決定を行い、セロトニンは報酬が得られる事前確率を制御するという数理モデルによって再現することができました。また、セロトニン神経の異なる投射先を光刺激することで、前頭葉の異なる部位が報酬予測に関わることを明らかにしました（Miyazaki et al. Science Advances, 2020）。これらの研究により、脳の柔軟な学習の仕組みの一端を明らかにすることができましたが、今後さらにこれらの知見を脳のように柔軟に学習するAIシステムの開発につなげることを目指していきます。

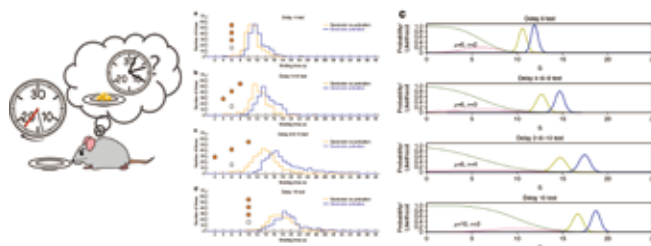


図 セロトニン細胞の光刺激による報酬待機行動の促進は、報酬のタイミングが不確かな時ほど強くなる。マウスは報酬のタイミングの予測モデルをもとにベイズ推定により報酬の有無を判断し、セロトニン刺激は報酬が得られる事前確率を高めるとすると、実験結果を再現することができる（Miyazaki et al., Nature Communications, 2018）。

主な研究業績：

- 1) Parmas P, Rasmussen CE, Peters J, Doya K (2018). PIPPS: Flexible model-based policy search robust to the curse of chaos. 35th International Conference on Machine Learning (ICML 2018). <http://proceedings.mlr.press/v80/parmas18a/parmas18a.pdf>
- 2) Yoshizawa T, Ito M, Doya K (2018). Reward-predictive neural activities in striatal striosome compartments. eNeuro, 5, e0367-17.2018. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0367-17.2018>
- 3) Miyazaki K, Miyazaki KW, Sivori G, Yamanaka A, Tanaka KF, Doya K (2020). Serotonergic projections to the orbitofrontal and medial prefrontal cortices differentially modulate waiting for future rewards. Science Advances, 6, eabc7246. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc7246>

コンフリクトコストに対する調和・不調和情報シーケンス効果の神経基盤の研究

研究代表者：田中 啓治（理化学研究所脳神経科学研究センター 特別顧問）

私たちは無意識のうちに認知制御のレベルを課題遂行に必要最低限近くに留めます。認知制御のリソースが限られているからです。具体的には、うまく行っている限りは制御（課題遂行への集中）のレベルを徐々に緩める、しかし失敗の危険を察知すると制御のレベルを上げます。すなわち認知制御のレベルは動的に調節されています。この認知制御の動的調節は前頭前野の認知制御メカニズムを解きほぐすための良い具体的問題です。これまで認知制御の動的調節は主に競合課題を用いて調べられてきました。例えば色を表す単語の文字インク色を答えるスループ課題では、自然に起こる文字を読む反応が課題で指示されたインク色を答える反応と競合します。文字の色と単語の意味が一致しない不調和試行では調和試行に比べて反応時間が長く（競合コスト）、また不調和試行に続く試行での競合コストは、調和試行に続く試行での競合コストに比べて、小さい（調和シーケンス効果）ことが知られています。調和シーケンス効果はこれまで「不調和試行での反応競合の経験の結果、次試行では認知制御（インク色への集中）のレベルが上がる」という競合モニター仮説により説明されてきました。しかし最近になって競合モニター仮説では説明できないいろいろな行動上の結果、また機能ブロック法による結果が報告されています。本研究では、前試行で励起された反応セットの影響が次試行まで残るといった受動的な過程とそれへの対応の過程を含めたより総合的な考えを提案することを目指しました。経頭蓋直流電気刺激（tDCS, transcranial direct current stimulation）による局所脳活性化操作の課題遂行への影響を調べる研究とfMRIでの課題関連脳活動の測定を行なう研究を行いました。ここでは紙面の都合でfMRI研究の結果だけを紹介します。

色のついた線分と矢印の重ね合わせを刺激とするサイモン課題を用いました。まず、ある恣意的対応規則によって色が指定する方向のボタンを押す課題を被験者に訓練しました。次に、色が指定する方向と同じ（一致条件）または反対（不一致条件）の方向を指す矢印、または矢頭なしの線分（中立条件）を色刺激の上に置き、矢印が自然に引き起こす反応が色一方向課題が指定する反応に干渉するようにしました（図1）。そしてfMRIにより測定した脳活動を脳フラットマップにマップし、フラットマップ上で円形のROIを動かし、ROI内のボクセル集団の活動パターンから課題情報のデコードを試みしました（MVPA, multi-voxel pattern analysis）。その結果、右前頭

眼窩皮質外側部の活動パターンが前試行の条件と現試行の条件を表現すること（図2）、さらに被験者間の比較において、競合コストが前試行の条件に依存する依存度の大きさが、眼窩皮質における前試行条件表現の強さに負相関し、現試行条件表現の強さに正相関することが明らかになりました。

これらの結果は、前頭眼窩皮質外側部が前試行で活性化したタスクセットの数を表現し、これを現試行の認知制御に用いていることを示しました。従来、前頭眼窩野の働きは刺激—報酬連合学習であると考えられてきました。今回の結果を踏まえて、私たちは「前頭眼窩皮質外側部は、内的な課題遂行状態（task state）を表現することにより、認知制御に貢献する」という新しい考えを提案します。

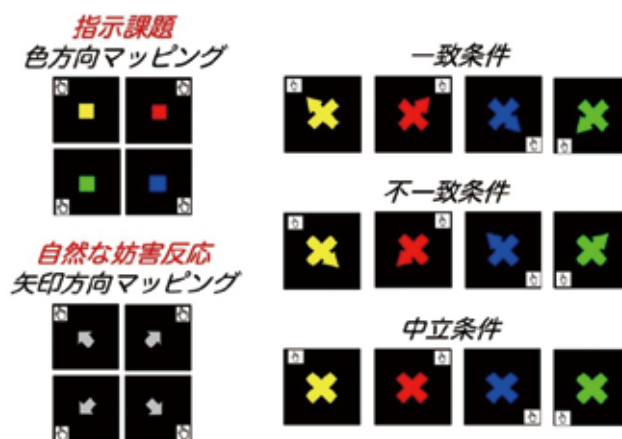


図1 fMRI実験に用いたサイモン課題

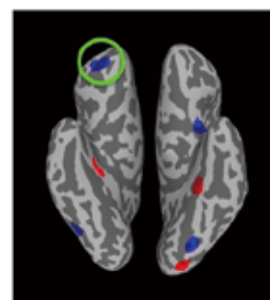


図2 右前頭眼窩皮質外側部の活動パターンによる前試行の条件の表現

主な研究業績：

- 1) Li N, Wang Y, Jing F, Zha R, Wei Z, Yang LZ, Gneg X, Tanaka K, Zhang X (2020). A role of the lateral prefrontal cortex in the congruency sequence effect revealed by transcranial direct current stimulation. *Psychophysiology* 2021;00:e13784. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/psyp.13784>

ディープラーニングと記号処理の融合による予測性の向上に関する研究

研究代表者：松尾 豊（東京大学 工学系研究科 教授）

本研究は、深層学習の進展のさらに先を見据え、深層学習と記号処理の融合に挑戦しようというものです。こうした問題意識は、最近では深層学習の学術コミュニティでもよく理解されており、なかでも、2019年にニューラルネットワークの国際会議 NeurIPSにおいて、Yoshua Bengio氏が行った「システム1の深層学習からシステム2の深層学習へ」というタイトルの招待講演が有名です。システム1、2というのは心理学者ダニエル・カーネマンの用語ですが、システム1は速くて直感的な思考（現在の深層学習に該当）、システム2は遅くて論理的・言語的な思考（記号処理に該当）を指します。本研究は、その問題意識を2016年という早い時期から捉えていたものです。

本研究では、深層学習と記号処理を融合するために、2つのテーマを設定しました。1点目は、深層強化学習を発展させることです。当時、さまざまなコンピュータゲームを学習によって上達することのできるDeep Q Network (DQN) がよく用いられていました。これに記号処理を組み込むことによって進展させようということが目的です。

2点目は、文章からの画像の生成モデルを用いて、推論に該当するような処理を実現しようというものです。研究提案当時

は、Generative Adversarial Network (GAN)などの深層生成モデルが注目され、さまざまな改良の手法が出始めた時期でした。これを文章の意味理解に活用しようというものでした。

研究の過程で紆余曲折がありましたが、結果的には、トップ国際会議の論文4本を含め、多くの研究成果を出すことができました。例えば、情報処理学会の論文賞の受賞にもつながった研究では、マルチモーダルの深層生成モデルに関する手法を提案しました。従来、マルチモーダルなデータにおいて、一部のモーダルが欠損した場合に、うまく生成を行うことが難しかった問題を解決するもので、手法としての汎用性が高いものです。また、ICLR2021においては発表した論文は、実際のロボット等を使った強化学習においては、デプロイする（つまりモデルを実機に送り実機を動かしてデータを取る）ことのコストが高いという問題がありますが、世界モデルを用いるなどのモデルベースな手法は、デプロイの数を減らすことができます。そうして、そこで、デプロイの数を減らしながら、同時に学習の精度を上げていく方法を提案し、新規性の高いものとなりました。

本研究で得られた成果をベースに、今後さらに、記号処理と深層学習の融合について研究を進めていきたいと思っています。

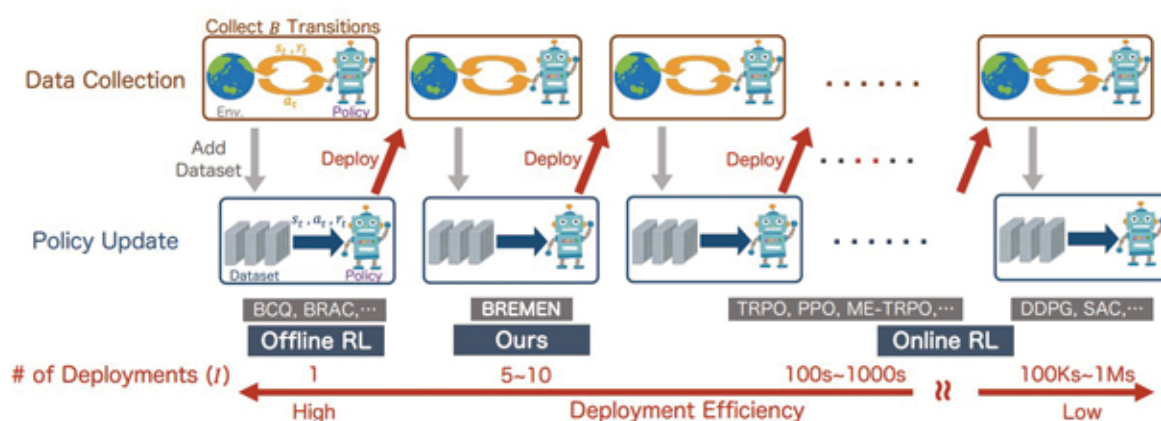


図 デプロイ効率の高い強化学習手法

主な研究業績：

- 1) 銅谷賢治, 松尾豊 (2019). 人工知能と脳科学の現在とこれから. Brain and Nerve, 71, 649-655. <https://doi.org/10.11477/mf.1416201337>
- 2) 鈴木雅大, 松尾豊 (2018). 異なるモダリティ間の双方向生成のための深層生成モデル. 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 3 (2018) (2018年度 情報処理学会論文賞)
- 3) Matsushima T, Furuta H, Matsuo Y, Nachum O, and Gu S (2021). Deployment-Efficient Reinforcement Learning via Model-Based Offline Optimization. International Conference on Learning Representations 2021 (ICLR2021).

前頭前野活動の網羅的計測と情報表現解読法の開発

研究代表者：宇賀 貴紀 (山梨大学大学院 総合研究部 医学域統合生理学 教授)

環境の変化に応じて多様な意思決定をする能力は、霊長類で特に発達した本質的な脳機能です。この機能に前頭前野が深く関わっていることが、これまでに明らかにされています。しかし、前頭前野の情報表現は複雑であり、前頭前野で行われている計算が、どのような大脳皮質ネットワークで実現されているのかを理解するのは非常に困難です。そこで本研究では、2つのルールに基づいて、判断に用いる情報を切り替えるタスクスイッチ課題中に、前頭前野の複数領域から皮質脳波 (ECoG) を計測し、神経活動を網羅的に取得し、前頭前野で表現されている情報を解読することを試みました。

新たに設計、作成したECoG電極を前頭葉眼窩面／大脳半球間裂面／背外側面に留置し、タスクスイッチ課題中のECoG信号を計測しました。タスクスイッチ課題では、最初にルールに

関する手がかりが呈示されますが、その情報をどの領野で検出できるのか、サポートベクターマシンを用いて解読しました。その結果、眼窩前頭前野と背外側前頭前野のECoG信号から、ルールの情報を解読できました。さらに、眼窩前頭前野のECoG信号の方が、背外側前頭前野のECoG信号よりも早い時間にルールを反映することがわかりました。このことから、どの情報を判断に利用すべきかというルールに関する情報は、一旦眼窩前頭前野で処理されたあとに、背外側前頭前野に伝達されると考えられます。

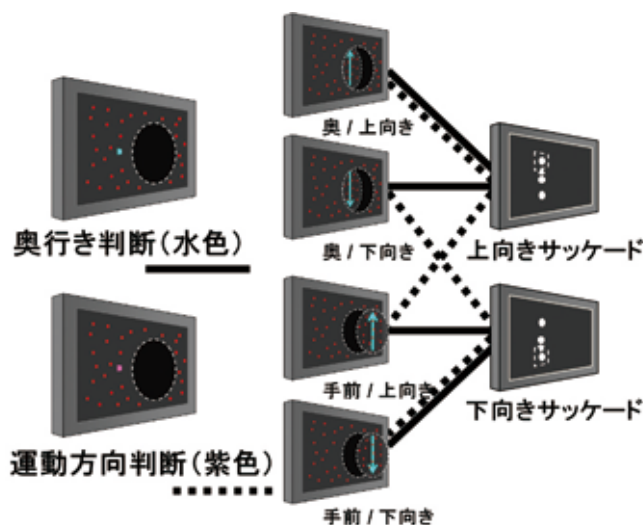


図 タスクスイッチ課題では、運動方向および奥行き判断課題を課す。試行ごとに注視点の色を変え、ランダムに2つの判断課題のどちらかを行なうように指示する (左パネル)。運動方向判断の場合、ドットが上向きに動いていたら目を上に向け、ドットが下向きに動いていたら目を下に向ける。奥行き判断の場合、注視点よりもドットが奥にあれば目を上に向け、ドットが手前にあれば目を下に向ける (中パネルと右パネル)。

主な研究業績：

- 1) Sasaki R, Kumano H, Mitani A, Suda Y, Uka T (in press). Task-specific employment of sensory signals underlies rapid task switching. Cerebral cortex.

神経信号からネットワーク構造を推定し、そこに発現する活動パターンを予測する

研究代表者：篠本 滋

近年の神経活動計測技術の急速な発展により、多数の神経信号を同時計測することが可能になってきています。私たちは複数ニューロンの神経スパイク列の解析手法の開発に取り組みました。本研究課題ではマルチ同時計測データから神経ネットワークを推定することを目標にあげました。

神経スパイク信号は神経結合を通して他の神経に伝わりますので、神経発火信号の相互相関をみればニューロン間の結合を推定することができる、ということは50年以上前から提唱され

ていました。しかし各ニューロン対はそれ以外の多くの神経細胞の影響を受けているため、注目するニューロン間にいくつかの同期スパイク発生が計測されたからといってそれでシナプス結合があると結論づけることはできません。この難問を解決するにはこの新学術の公募班2年間を含めて6年の歳月を要しました。私たちは後半の公募には採択されませんでした。最終的には一般化線形モデルを用いた結合推定法を完成させ、さらに人工知能を用いた推定法も提案しました。

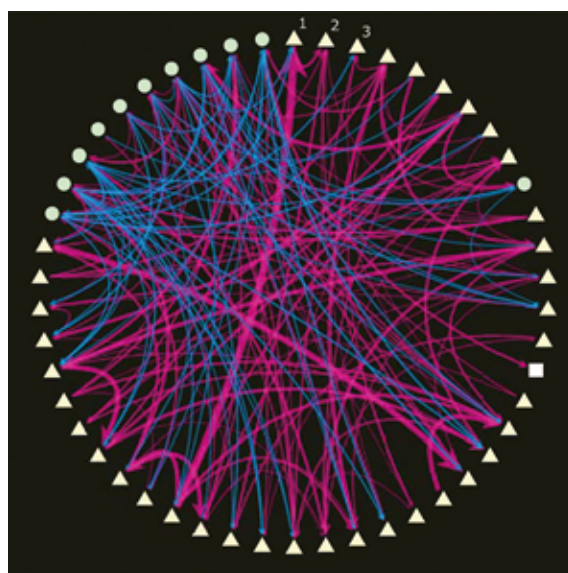


図1 神経信号から推定した単シナプス結合。興奮性はマゼンタ、抑制性はシアンで表し、結合の強さは線の太さで表した。

主な研究業績：(期間外)

- 1) Kobayashi R, Kurita S, Kurth A, Kitano K, Mizuseki K, Diesmann M, Richmond BJ, and Shinomoto S (2019) Reconstructing neuronal circuitry from parallel spike trains. Nature Communications 10:4468
<https://www.nature.com/articles/s41467-019-12225-2>
- 2) Endo D, Kobayashi R, Bartolo R, Averbek BB, Sugase-Miyamoto Y, Hayashi K, Kawano K, Richmond BJ, and Shinomoto S (2021) A convolutional neural network for estimating synaptic connectivity from spike trains. Scientific Reports 11:12087
<https://www.nature.com/articles/s41598-021-91244-w>

人工知能と神経基盤の相互参照アプローチによる視覚-価値変換機構の解明

研究代表者：近添 淳一（株式会社アラヤ 脳事業研究開発室 チームリーダー）

この研究は、人工神経回路と脳内の情報表現を比較することにより、未知の脳内情報処理過程を明らかにしました。まず、油絵の美的価値を推定する人工神経回路を作成し、油絵の評価を行う際の脳活動を機能的MRIによって計測した上で、これらの対応を、機械学習の手法を使って同定しました。その結果、人工神経回路の入力（油絵画像）に近い低次の階層は初期視覚野と対応していたのに対し、出力（美的価値）に近い高次の階層は、いわゆる default mode network と対応していることが明らかにされました（図1）。

この研究は、しばしばブラックボックスであるといわれる人工神経回路の情報処理過程を脳と対応付けることで視覚化できるこ

とを示した上で、神経科学研究の領域のみでなく、人工知能研究の領域においても有意義な知見であるといえます。

この研究を推進する上で、もっとも困難であった点は、視覚情報を価値情報に変換する過程がどのようなものであるか、神経科学の領域においても、人工知能の領域においても全く確立されていない点でした。私たちは、未知の脳内情報処理過程を解明するために、同様の情報処理を行う人工神経回路を作成し、これをモデルとして用いることで、脳内の神経基盤を同定する、という新規解析パラダイムを考案、確立しました。この成果は、biorxivにて発表され、現在、投稿中です。

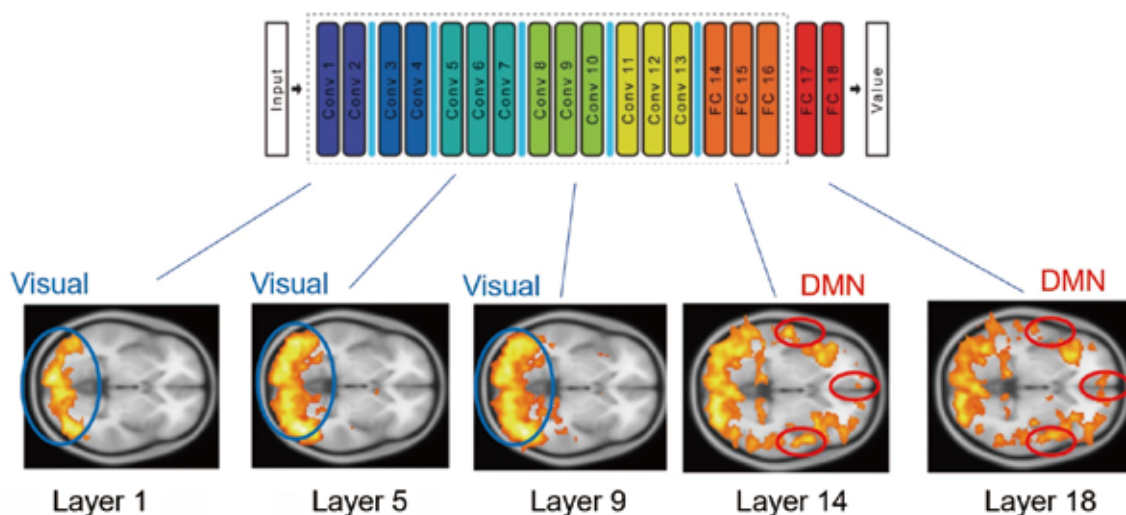


図1 人工知能と脳領域の情報表現の対応。

主な研究業績：

- 1) Pham TQ, Yoshimoto T, Niwa H, Takahashi HK, Uchiyama R, Matsui T, Anderson AK, Sadato N, Chikazoe J, Vision-to-value transformations in artificial network and human brains. bioRxiv, 2021
<https://doi.org/10.1101/2021.03.18.435929>
- 2) Pham TQ, Nishiyama S, Sadato N, Chikazoe J, Distillation of Regional Activity Reveals Hidden Content of Neural Information in Visual Processing, Frontiers in Human Neuroscience, 727, 2021
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.777464>
- 3) Chikazoe J, Lee DH, Kriegeskorte N, Anderson AK, Distinct representations of basic taste qualities in human gustatory cortex. Nature communications 10 (1), 1-8. 2019.
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-08857-z>

積層独立成分分析の深化と脳科学応用

研究代表者：平山 淳一郎（国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門 主任研究員）

多変量データのもつ意味や法則性を理解するためには、データの性質を捉えた表現や特徴量へと適切に変換することが重要です。統計的な基準のもとで変換を定める（学習する）独立成分分析（ICA）や正準相関分析（CCA）といった「教師なし」表現学習の基本的な手法群は、脳・神経科学分野において広く用いられていますが、近年の多様なデータ解析への応用は限られます。また特に非線形で階層性のある表現を得るため、ICAを多段に積み重ねたヒューリスティックな解析法が一部で用いられています（積層ICA）。本研究では、積層ICAを確率的生成モデルの観点から捉え直したSPLICEモデルの拡張を足がかりに、主に脳活動計測データ解析における教師なし表現学習法の新たな応用を探りました。第一に、時間方向の次元縮減を導入した拡張SPLICEを安静時脳波の教師なし非線

形特徴解析に応用し、同時計測した機能的MRI（fMRI）による脳内ネットワーク活動との相関を確認¹⁾、脳波ニューロフィードバックへと応用しました（投稿中）。第二に、CCAの多集合拡張を多被験者・多課題fMRIデータベースの解析に新たに適用し、状態（課題）に依らない被験者固有の特性を表現する全脳の機能的結合モードを同定しました²⁾。

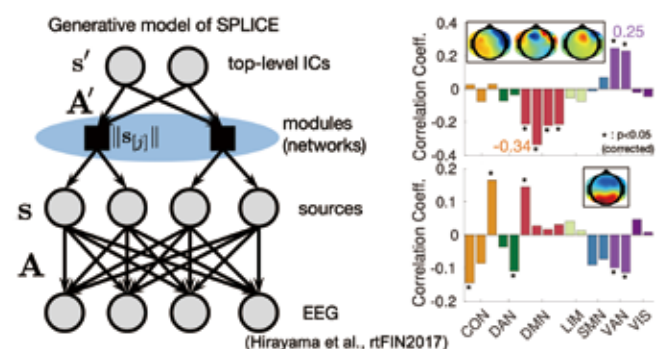


図1 左：SPLICE解析（Hirayama, et al. ICML2017）では階層的な確率的生成モデルの最尤推定により複数の線形特徴抽出層とその間のL2プリーング層からなる非線形特徴抽出器を教師なし学習する。右：拡張SPLICEを安静時脳波データへと適用すると、中間層に同時計測したfMRIによる安静時ネットワークと有意に相関した脳波特徴量が得られた。

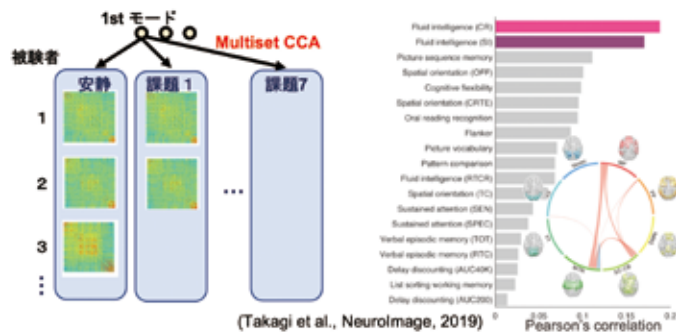


図2 Multiset CCA（Kettering, 1971）をHuman Connectome Projectによる約500被験者のfMRI機能的結合行列に適用し、安静時および7つの課題からなる8状態間で最も再現性が高くなる線形特徴量（モード）を各被験者について求めた。有意に得られた3つのモードは流動的知能など基本的な認知指標との相関を示し、状態によらず被験者の固有特性を反映する基盤的な脳ネットワークへの示唆を与えた。

主な研究業績：

- 1) Ogawa T, Moriya H, Hiroe N, Yamada T, Kawanabe M, Hirayama J (2019). Network extraction method using hierarchical ICA-based approach: a simultaneous EEG-fMRI study, Organization of Human Brain Mapping 2019 (OHBM2019)
- 2) Takagi Y, Hirayama J, Tanaka SC (2019). State-unspecific patterns of whole-brain functional connectivity from resting and multiple task states predict stable individual traits. NeuroImage, 201, 116036. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116036>

単機能の重ね合わせにより新機能を創発するマルチファンクショナル深層学習ネットワーク

研究代表者：柳井 啓司（電気通信大学 教授）

本研究では、単一のニューラルネットワークに複数のタスクのための機能を同時に学習させ、学習した独立の機能の組み合わせ・重ね合わせによって、事前に学習した個別の単一機能とは異なる、新しい機能を実現し、ニューラルネットワークにより人間の脳に近い汎用的な能力を持たせる事が可能であることを実証するための研究を行いました。具体的には画像変換ネットワークを、制御信号の入力によって機能を切り替えることが可能とし、

制御信号の変化させることで同じ画像入力に対して、様々な異なる出力を得られるネットワークを提案しました¹⁾(図)。複数の機能を組み合わせも学習可能であることを示しました。また関連して、自己教師あり学習を応用した弱教師あり領域分割²⁾や、画像特徴の意味情報と形状情報を分離する画像と言語に関するクロスモーダル検索³⁾についても研究を行い、それぞれ従来の手法の性能を上回る成果を得ることができました。



図左 提案手法によって1つのネットワークで複数のタスクに対応できるようになりました。

図右 さらに、タスクを混ぜ合わせた混合タスクも処理可能となりました。

主な研究業績：

- 1) Mana Takeda, Gibran Benitez-Garcia, and Keiji Yanai (2021). Training of Multiple and Mixed Tasks With A Single Network Using Feature Modulation, Proc. of ICPR Workshop on Deep Learning for Pattern Recognition (DLPR) .
https://doi.org/10.1007/978-3-030-68790-8_55
- 2) Wataru Shimoda and Keiji Yanai (2019). Self-Supervised Difference Detection for Weakly-Supervised Semantic Segmentation, Proc. of IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV).
<https://doi.org/10.1109/ICCV.2019.00531>
- 3) Yu Sugiyama and Keiji Yanai (2021). Cross-Modal Recipe Embeddings by Disentangling Recipe Contents and Dish Styles, Proc. of ACM Multimedia.
<https://doi.org/10.1145/3474085.3475422>

皮質脳波ビッグデータによる革新的人工知能の開発

研究代表者：柳澤 琢史 (大阪大学高等共創研究院 教授)

ラボHP <https://www.med.osaka-u.ac.jp/pub/nsurg/yanagisawa/>

本研究課題では、自由行動下でのヒトの運動や視聴覚内容および思考内容を大量のライフログデータとして記録しつつ、これと同期して頭蓋内に留置した電極から皮質脳波を計測し皮質脳波ビッグデータを作成しました。各被験者につき10日程度の連続計測を50人以上施行し、のべ500日以上同時計測データを取得しました(図1)。更に、計測されたビッグデータを教師信号として、深層学習等の人工知能技術を用いて、脳信号からヒトの行動・思考・認知内容の全てを包括して予測する脳情報解読を行うことで、脳情報処理の解明を目指しました。視覚情報についてはヒトが知覚する動画の意味内容に

ついてword2vecを用いて意味ベクトルを作成することで、脳活動と対応づけ、皮質脳波から知覚画像の意味を推定できることを明らかにしました¹⁾。また、同技術を想起画像推定に応用し、想起した画像内容を画面に提示する技術を開発しました(投稿中)。また、脳活動とAIとの対応関係を変えることで、Neurofeedbackにより運動皮質表象を制御でき、それに伴い幻肢痛を治療できることを明らかにしました²⁾。今後、脳とAIを融合する技術を開発し、その医療応用を進めていきたいと考えています。

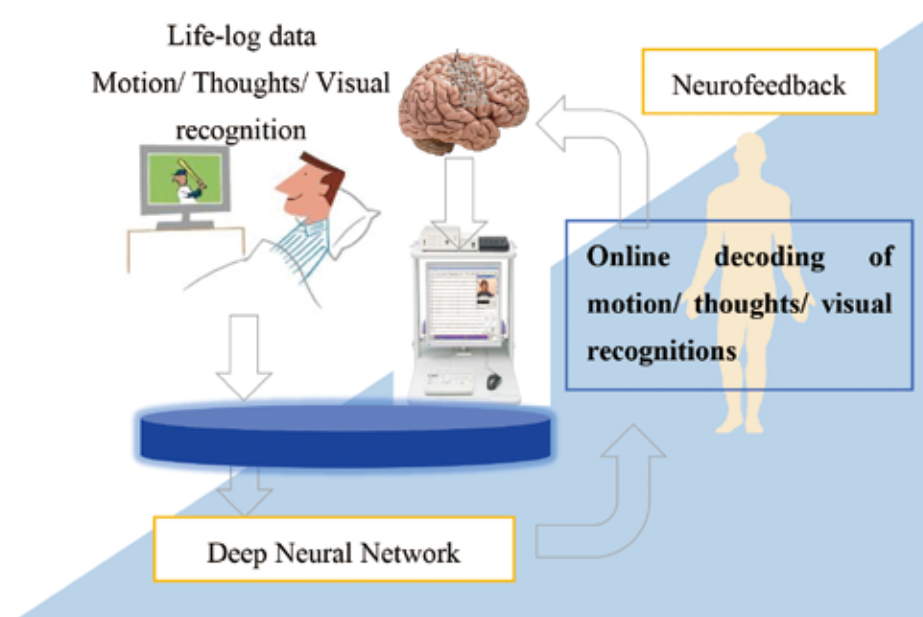


図1 研究の概略図

頭蓋内脳波を計測しながら様々なライフログデータを同時計測し、得られたビッグデータに深層学習を適用することで、高精度な脳情報解読を実現する。さらに、抽出された脳情報をもとにニューロフィードバックを行い、疾患の治療などに応用する。

主な研究業績：

- 1) Ryohei Fukuma, Takufumi Yanagisawa, Shinji Nishimoto, Masataka Tanaka, Shota Yamamoto, Satoru Oshino, Yukiyasu Kamitani, Haruhiko Kishima (2018) Decoding visual stimulus in semantic space from electrocorticography signals, IEEE International conference on systems, man, and cybernetics (SMC)
- 2) Takufumi Yanagisawa*, Ryohei Fukuma, Ben Seymour, Masataka Tanaka, Koichi Hosomi, Okito Yamashita, Haruhiko Kishima, Yukiyasu Kamitani, and Youichi Saitoh (2020) BCI training to move a virtual hand reduces phantom limb pain, Neurology, 95(4):e417-e426, doi: 10.1212/WNL.00000000009858

自己シミュレーションとホメオスタシスを基底とする脳のモデル研究

研究代表者：池上 高志（東京大学総合文化研究科 教授）

認知地図という考え方があります。これはアメリカの心理学者であるトールマンによって提唱されたもので、動物は地図のような空間的な表象をもっており、それを用いてナビゲーションしているというものです。オキーフらは、環境のなかのある特定の位置に来たときのみ発火する細胞があることを見出し、これを場所細胞と名付け、これが認知地図を担っていると考えられるようになりました。近年ではこの空間的な認知が他の認知にも利用されていることが見出されており、例えば音の周波数、単純な図形、さらには社会的な上下関係といったものも、同様のシステムで脳内にマッピングされることがわかってきました。

さて、このような空間的な認知はどのように生じるのでしょうか。そのひとつのメカニズム候補として、パス・インテグレーション（経路積分）があります。これによると、動物は自分の動きをベクトル的に足し合わせることで現在の位置を割り出しているとされています。ただし、これでは実空間以外のものに適用できないし、さらに自分の動きの感覚を失われた場合には、空間のマッピングは歪むものの、それでもある程度対応関係が維持されることが報告されていますが、これにも適用できません。

深層学習の分野では変分自己符号化（VAE）や敵対的生成ネットワーク（GAN）といった画像の生成モデルが発展してきました。これらのモデルの特徴として、画像の生成系の入力に、潜在変数という低次元のベクトルを用いることがあります。すなわち、画像という高次元のものを低次元のベクトル空間である、潜在変数空間に圧縮しているのです。これらの出力例を見ると、入力画像の特徴を捉えて自然に低次元空間にマッピングしているように見えます。これから、脳内の認知地図は自分の動きという情報は必ずしも必要ではなく、生成系の学習にとまって自己組織化されるのではないかと考えるに至りました。

そこで、VAE/GANという生成系の深層学習（図1）を、シミュラな仮想空間を動き回って取得した一人称視点の画像を用いて予測の学習をおこない、その結果として潜在変数空間

にどのような構造が生じるかを調べることにしました。（図2）これを単純に描画すると環境の地図とは異なるパターンがあらわれており、一見マップはつくられていないようにみえました。しかし、予測した画像の類似度と、潜在変数空間での距離の関係を調べると、これらが相関することを見出しました。すなわち、対象間の近さが、潜在変数空間上の近さと対応している、ということであり、これはマップとなるための重要な要件です。さらに、GANというシステムの働きによって、マップが滑らかとなり、大まかな座標とも言うべきものが生じることもわかってきました。

以上の結果は、近年見出されているさまざまな認知地図について整理する手助けになると考えています。例えば、入力距離を反映しているかどうか、というのが最も単純なマップであり、これは生成系の学習さえすれば実現できます。方向、ないしおおまかな座標がうまれるためには、マップをなめらかにする働きとしてのGANが必要です。実際の位置との対応を精密に得るためには、今回のシステムでは難しく、やはり運動の情報が必要となるでしょう。認知地図を見出した、という近年の様々な実験結果をこれらの観点で精密化することで、背後のメカニズムへの新たな洞察が得られると期待しています。

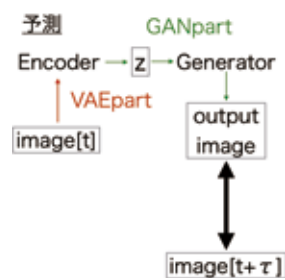


図1 VAE/GANの構成図

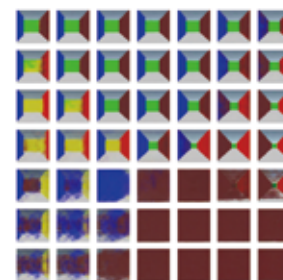


図2 潜在変数空間と出力画像の対応の例。次に予測される壁や廊下の風景を、それを出力する潜在変数空間の場所に対応させて描画している。

主な研究業績：

- 1) Kojima H., Ikegami T. (2021). Artificial Cognitive Map System based on Generative Deep Neural Networks. ALIFE 2021: The 2021 Conference on Artificial Life. Online. https://doi.org/10.1162/isal_a_00462
- 2) Kojima, H., & Ikegami, T. (2021). Organization of a Latent Space structure in VAE/GAN trained by navigation data. arXiv preprint arXiv:2102.01852.
- 3) Masumori, A., Maruyama, N., & Ikegami, T. (2021). Personogenesis through imitating human behavior in a humanoid robot "alter3". *Frontiers in Robotics and AI*, 165.

予測の神経基盤：広域皮質脳波における時空間構造 — 霊長類の脳内で行われる階層的予測符号化 —

研究代表者：小松 三佐子（理化学研究所脳神経科学研究センター 研究員）

予測符号化は大腦新皮質に外界のモデルを獲得する際の普遍的計算原理であると考えられています。しかしながらその神経基盤についてはまだ解明されていません。その原因のひとつとして予測符号化に関わる神経活動を観察する手法が確立されていないことがあげられます。予測符号化は感覚情報が入力されてから数十～数百ミリ秒の単位で起こる動的な情報処理であること、おそらく前頭葉からのフィードバックを含む皮質の広域ネットワークが関係することから、その神経基盤の解明のためには大腦新皮質の活動を高い時空間解像度で広域に観察する必要があります。

本研究では、予測符号化が霊長類の脳内でどのように行われているのかを大域的に明らかにするために、広域皮質脳波電極の開発を行いました。この電極により霊長類大腦皮質広域の情報流を可視化することができるようになりました。また、fMRIと組み合わせることで、霊長類の脳内で行われる階層的予測符号化に関わる脳領域を全脳で同定し、それら脳領域間の関係を皮質脳波信号から明らかにしました。この研究では、Local-global paradigmという、音の塊の中で生じる「局所的な逸脱」とタスクのコンテキストの中で生じる「大域的な逸脱」との2種類の認知的に異なる逸脱が含まれる聴覚刺激を聞いて

いる動物から脳活動を計測しました(図1)。fMRIの結果「局所の逸脱」では皮質下および低次聴覚野を賦活し、「大域的な逸脱」は高次聴覚野および前頭葉が関わっていました。また、ECoGの活動からは、「局所の逸脱」に対しては低次聴覚野で早い潜時の高周波帯域の活動がみられ、「大域的な逸脱」では高次聴覚野で遅い潜時の高周波帯域の活動、前頭葉では遅い潜時にβ帯域の活動に変化がみられるなど、異なる時間窓でそれぞれの逸脱が処理されていることに加え、「大域的な逸脱」に関わる高次聴覚皮質と前頭葉では役割が異なることを示唆する結果が得られました(図2)。さらにこれらの活動の相関解析などを通し、大域的な逸脱検出に関わる前頭葉の活動が、その次のステップの音に対する聴覚皮質の神経応答に影響を与えていることから、前頭葉の活動が内部モデルの更新に関わっていると考えられました。この研究を通して、霊長類の階層的な予測符号化に関する神経基盤の理解が進んだだけでなく、fMRIで皮質下も含めた脳全体の関連部位を同定し、ECoGでそれらの時間的な関係を明らかにするといった相補的な研究の有効性も示すことができました。このようなアプローチを通して全脳での情報処理様式が明らかになれば、新しいAIアーキテクチャの探求にも繋がると考えています。

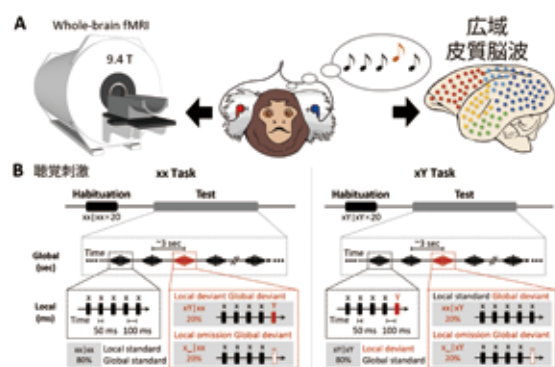


図1 実験デザイン

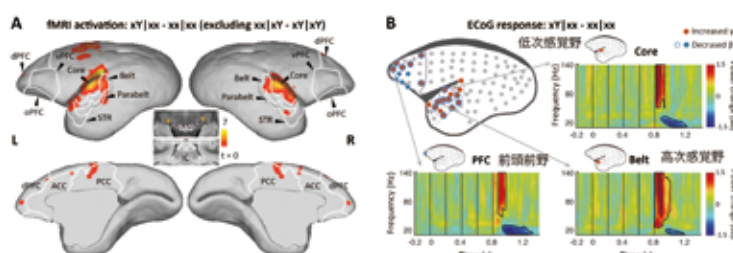


図2 A: 聴覚予測に関わる脳領域 B: 予測の階層性を反映し時空間的に異なる皮質の活動

主な研究業績:

- 1) Komatsu M, Ichinohe N (2020). Effects of Ketamine Administration on Auditory Information Processing in the Neocortex of Nonhuman Primates. *Front Psychiatry* 11, 826. doi: 10.3389/fpsy.2020.00826.
- 2) Kaneko T*, Komatsu M*, Yamamori T, Ichinohe N, Okano H (2022). Cortical neural dynamics unveil the rhythm of natural visual behavior in marmosets. *Commun Biol* 5 (1), 1-13. *equal contribution
- 3) Jiang Y*, Komatsu M*, Chen Y, Xie R, Zhang K, Xia Y, Gui P, Liang Z, Wang L (2022). Constructing the hierarchy of predictive auditory sequences in the marmoset brain. *eLife*. Accepted. *equal contribution (この研究は中国科学院のWang博士との共同研究で、本研究領域若手派遣事業の支援を受けて実施しました。)

意思決定過程と内部モデルの相互作用

研究代表者：濱口 航介 (京都大学大学院医学系研究科 生体情報科学講座 講師)

私が工学部出身ながら脳科学を志したのは、自ら学習する脳の仕組みを機械に導入すれば、ロボットの「こころ」が作れるのではないかと考えたことが発端でした。人工知能でも脳でも、単純な刺激-応答を超えた知的な行動を行うには、環境の(動的)構造(例:重力や慣性、壁や扉の構造、他のエージェントの行動)を理解し、各々の状態遷移を予測しつつ行動する事が求められます。将来起こりうる状態の組み合わせ爆発を直接に扱う事なく、どのようにして行動を決定していくのか、私はその答えを脳に求めて研究しています。新学術「人工知能と脳科学」では、鼠(マウス)が環境の動的構造を学習し、行動選択に取り入れる仕組みを中心に研究を行いました。これまでに、脳の様々な領域で、環境の構造や知識をベースにした行動の価値(予測的な価値)が神経活動として検出されています。また環境の動的構造を学習する前には、過去の行動-報酬履歴から計算できる行動の価値(回顧的な価値)が行動選択の拠り所です。この予測的および回顧的な価値は、異なる脳領域で計算されている、と考えられています。しかし異なる脳領域で計算された価値が、最終的にどのように統合され、行動を決定しているのか、その仕組みはわかっていませんでした。私達はマウスが課題に習熟するにつれ予測的な行動を行う事、その際、

高次運動野の神経活動が回顧的な価値に加えて予測的な価値を統合している事を、カルシウムイメージングおよび光遺伝学に基づく因果関係の証明を通じて、明らかにしています。新学術「人工知能と脳科学」は、学習や知的行動の原理解明を目指す専門家の集まる場でした。そのような環境に身を置き、共同研究の機会やご指導を頂く事ができたのは、本当に幸運な事でした。この場を借りて、感謝の意を表します。

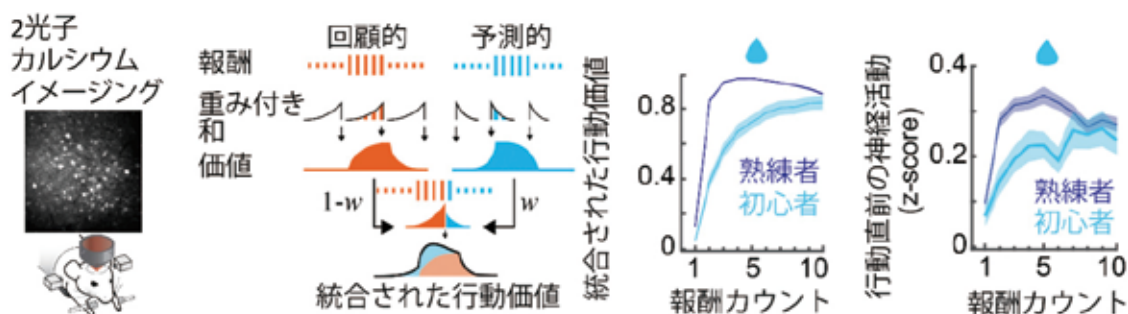


図1 2光子カルシウムイメージング法により同定された予測的価値を表現する前頭皮質領域

主な研究業績：

- 1) Hamaguchi K, Takahashi H, Watanabe D (2021). Prospective Action Selection and Inferred Value in Mouse Frontal Cortex, The 44th Annual Meeting of Japanese Neuroscience Society (JNS 2021).
- 2) Nishioka T, Hamaguchi K, Yawata S, Hikida T, Watanabe D (2020). Chemogenetic Suppression of the Subthalamic Nucleus Induces Attentional Deficits and Impulsive Action in a Five-Choice Serial Reaction Time Task in Mice. *Front. Syst. Neurosci.*, 14, 38.
- 3) 濱口航介 (2021). 細胞内膜電位から見た小鳥の歌を紡ぐネットワーク. *日本神経回路学会誌*, 28, 3, 136-143.

樹状突起計算を統合する新しい回路学習パラダイムの創出

研究代表者：深井 朋樹（沖縄科学技術大学院大学 教授）

前期は「大脳皮質局所回路に学ぶ新しいアーキテクチャと学習モデルの構築」、後期は「樹状突起計算を統合する新しい回路学習パラダイムの創出」という課題を掲げて研究しました。まず初めに、過去にラットの内側前頭野（MFC）から記録した多電極記録データを用いて、音刺激依存に行動選択を学習するメカニズムをモデル化しました¹⁾。特に過去の研究であまり扱われて来なかった、意思決定の個体差と大脳皮質の神経ダイナミクスの関係性を問いました。高低二種類の学習された刺激音と、MFC神経活動の記録時に挿入された新奇音に対するラットの行動選択確率を観察すると、新奇音に対する行動選択はラット毎に大きな違いを見せます（図1）。意思決定は神経集団活動の時間発展（神経軌道）により支配されることが知られていますが、「心理測定曲線」に個体差が生じるメカニズムを明らかにするため、神経回路モデルを構築してラット同様に訓練しました。その結果、「心理測定曲線」はMFCの神経軌道が外的擾乱の影響を受けやすい場合は滑らかに変化し、影響を受けにくい場合は強いバイアスやランダム性を示すことがわかりました（図1）。少し逆説的に聞こえますが、一見賢く見えるラットの脳の方がノイズに弱い事もあり得ることを示唆しています。

後期は樹状突起の情報処理に研究の軸足を移しました。樹状突起は領野間の情報の流れやシナプス可塑性の制御に関わる大切な計算要素であり、最近、ディーブラーニングとの関連性なども調べられています。樹状突起は生物学的には複雑な「マシン」ですが、この新学術領域の目標はAIと神経科学の両方に跨りますので、生物学的詳細に拘わらず大胆なアイデアを試しました。現実世界の情報を扱うには異なるスケールに亘る階層構造（チャンク構造）を読み解かねばなりません。そ

こで、この能力を実現する神経メカニズムを研究しました。

まず細胞体と樹状突起から成る2コンパートメントモデルを構築して、単一神経細胞によるチャンクの抽出を実現しました²⁾。鍵となる原理は「樹状突起と細胞体間に於ける情報損失の最小化」です。この学習原理が入力データに対する尤度最大化と異なる点は、樹状突起が学習すべきデータが“逆伝搬スパイク”を介して、細胞体の発火活動により生成される点です。細胞体が樹状突起による学習の教師を務めることで、ニューロン全体で教師なし学習を実現します（図2）。興味深いのは、同一の回路モデル（学習原理）を用いて、Blind Source Separation（信号音源分離）も実行可能なことです。提案した単一細胞モデルを神経回路の学習理論に組み込み、学習能力を著しく向上させることも成功しました。

最後に古典的な連想記憶モデルを発展させて、空間的階層構造の学習についても研究を行いました。このモデルでは、相関構造を持つアトラクタ状態の生成と、2つの抑制性神経回路による相関距離の調節により階層構造の柔軟な想起を実現します。このような想起により、例えば迷路探索においてはボトルネック（=サブゴール）の発見が可能になります（図3）。樹状突起のモデルと併せて、時空間情報の階層構造の学習に関するレビュー論文を発表しました³⁾。今後、ここで得られた学習メカニズムを予測符号化モデルなどに統合して、脳が適切を“統計変数”を発見し、外界や自己の統計モデルを構築する過程をモデル化したいと考えています。また空間学習モデルを言語解析に発展させる可能性を検討しています。

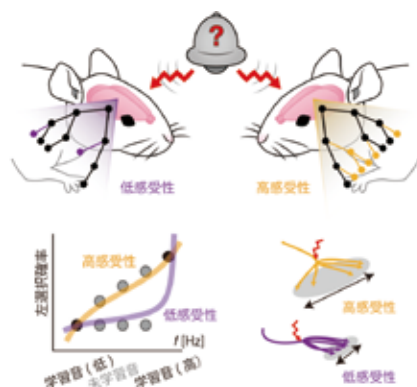


図1 意思決定行動の個体差と神経活動の個体差の関連。左下は心理測定曲線。

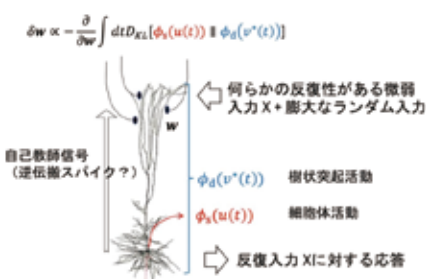


図2 単一神経細胞モデルによる時系列構造の自己教師学習モデル

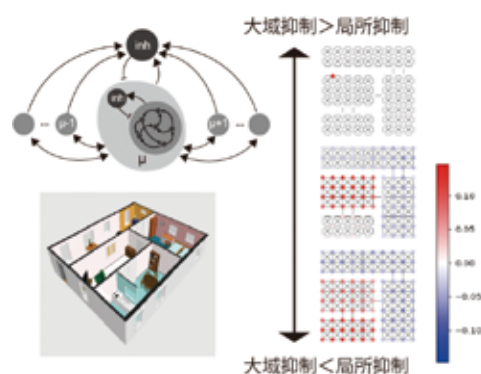


図3 相関型アトラクタを用いた空間的階層構造の記憶神経回路モデル

主な研究業績：

- 1) Kurikawa, T., Haga, T., Handa, T., Harukuni, R. & Fukai, T (2018). Neuronal stability in medial frontal cortex sets individual variability in decision-making. *Nature Neuroscience*, 21, 1764-1773.
- 2) Asabuki, T., Fukai, T (2020). Somato-dendritic consistency check for temporal feature segmentation. *Nature Communications*, 11, 1554, doi:10.1038/s41467-020-15367-w.
- 3) Fukai T., Asabuki, T., Haga, T (2021). Neural mechanisms for learning hierarchical structures of information. *Current Opinion in Neurobiology*, 70, 145-153.

Learning perceptual representations in biological and artificial neural networks

研究代表者: Andrea Benucci (RIKEN Center for Brain Science, Team Leader)

Stable Visual perception as classification invariance in convolutional neural networks

Our ability to perceive a stable visual world in the presence of continuous movements of the body, head, and eyes has puzzled researchers in the neuroscience field for a long time. Numerous theoretical studies have proposed biologically plausible computational processes to convert location information—"where" type of signals—across multiple frames of reference, for instance, from retinocentric to craniocentric coordinates. However, how coordinate transformations can then be used by the hierarchy of cortical visual areas to produce stable perception remains largely unknown. We reformulated this problem in the context of hierarchical convolutional neural networks (CNN)—whose conception has been inspired by the hierarchical signal processing of the mammalian visual system—and examined perceptual stability as an optimization

process that identifies image-defining features for accurate image classification in the presence of movements. Movement signals, multiplexed with visual inputs along overlapping convolutional layers, aided movement-related classification invariance by making the classification faster to learn and more robust relative to input noise. Classification invariance was reflected in activity manifolds associated with image categories emerging in late CNN layers and with network units acquiring movement-associated activity modulations as observed experimentally during saccadic eye movements. Our findings provide a computational framework that unifies a multitude of biological observations on perceptual stability under optimality principles for image classification in artificial neural networks (Benucci A., PLOS Comp. Biology, 2022).

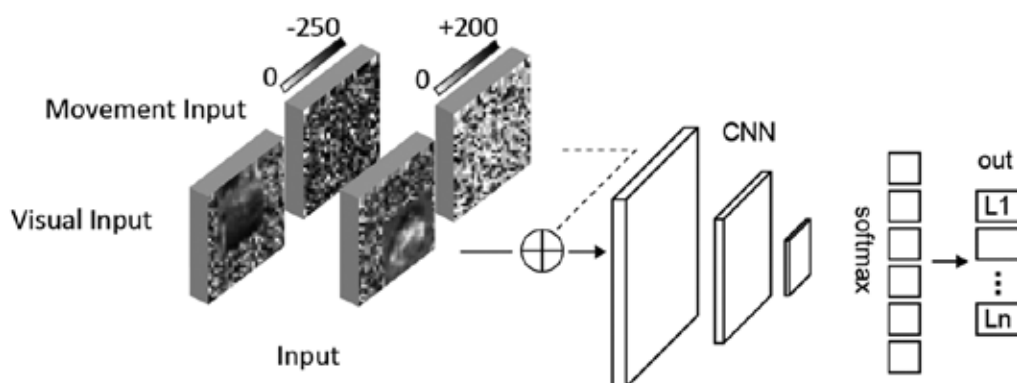


Figure 1. Neural network architecture. movement signals are provided as inputs to a convolutional neural network together with CIFAR-10 images, xy-shifted to mimic eye movements. The amplitude of the movement input is proportional to the image shift.

主な研究業績:

- 1) Orlandi J.G., Abdolrahmani M, Aoki R, Lyamzin D.R., Benucci A (2021). Distributed context-dependent choice information in mouse dorsal-parietal cortex, bioRxiv, DOI:10.21203/rs.3.rs-288103/v1
- 2) Lyamzin D.R, Aoki R, Abdolrahmani M, *Benucci A (2021). Probabilistic discrimination of relative stimulus features in mice, PNAS 118 (30) e2103952118; <https://doi.org/10.1073/pnas.2103952118>
- 3) Abdolrahmani M, Lyamzin, D.R., Aoki R, *Benucci A (2021). Attention Decorrelates Sensory and Motor Signals in the Mouse Visual Cortex, Cell Reports, Volume 36, Issue 2, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211124721007750>

セロトニン神経系の光操作・観察によるモデルベース的意思決定の脳内機構解明

研究代表者：大村 優 (北海道大学医学研究院 講師)

直接経験だけに基づいて行動しては、刻々と変化する複雑な環境に適応することが難しくなります。既知の限られた情報から推測することは環境適応に重要な知的能力だと考えられます。例えば、A→B→Cという情報を得た後に、B→Dという情報を別途得たとします。この場合、通常ヒトはA→B→Dという一連の情報を直接得なくても、そうだろうと推論します。本研究では、「推論過程に脳内セロトニンが関与する」という仮説を、マウスで検証しました。マウスには、①「光る穴に鼻を入れると餌が貰える」ことをまず学習させます。そして別の日に、単に餌を食べさせた後に、気持ちが悪くなる薬(リチウム)をマウスに投与します。そうすると、マウスは②「この餌を食べたら気持ちが悪くなる」と関連付けます。以上の状況を別々に経験させた後に、再び光る穴に鼻を入れられる状況にマウスを置きます。するとマウスは①と②の経験から推論し、穴に鼻を入れる回数は減ります。

さらに、この推論しているであろうタイミングで背側縫線核のセロトニン神経活動を抑制すると、マウスが推論をしなくなりました。このように、直接経験していないことも脳内でシミュレーションして推論する、という生物の生存に重要な知的機能に一部のセロトニン神経が関与すると考えられます。

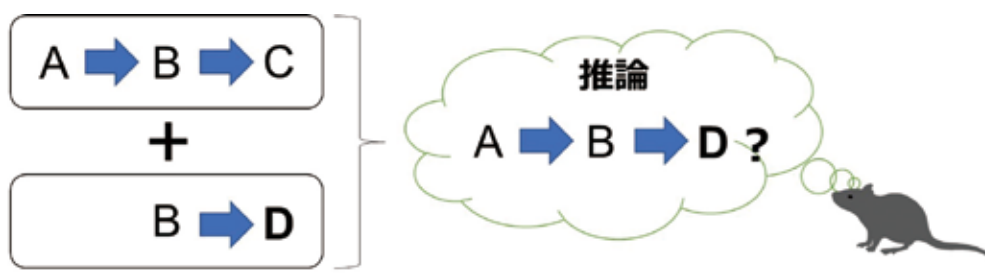


図 背側縫線核のセロトニン神経活動が抑えられると推論をあまりしなくなり、単に直接の経験に基づいた行動を見せる。

主な研究業績：

- 1) Ohmura Y, Iwami K, Chowdhury S, Sasamori H, Sugiura C, Bouchekioua Y, Nishitani N, Yamanaka A, Yoshioka M. Disruption of model-based decision making by silencing of serotonin neurons in the dorsal raphe nucleus. *Current Biology*, 31, 1-9, 2021.

多次元の状態・行動空間における意思決定と大脳基底核の情報表現

研究代表者：鮫島 和行 (玉川大学脳科学研究所 教授)

私たちの研究では、「対象の選択」という一見聞き慣れない言葉の神経表現を実験的に示しました。私たちは日常的に意思決定を行なっています。特に価値に基づく意思決定は、過去の経験に基づいて未来の選択の結果を報酬予測 (価値) として予測し、その比較によって合理的に意思決定を行うと説明されます。これまでの神経生理学的な研究では、具体的な運動 (左右の眼球運動や、手の動き)の中から1つを選んで行動し、その後得られる報酬の確率や量を実験的に操作することによって、その時の脳内の表現と行動選択との対応関係を研究するものでした。大脳基底核はこの様な実験から行動の価値情報を持つことが知られています。しかし一方で、私たちはより抽象的な対象を選択することもできます。昼食を中華にするのかイタリアンにするのか、具体的なお店や位置を把握し行動に移す前に決めることができます。運動を行う前に、より抽象的なカテゴリーに対して意思決定を行い、その計画目標に従って状況に合わせて柔軟な行動を行えるのです。将来の目標を定め行動を計画する脳内機構は、これまで前頭前野を含む大脳皮質が重要な役割を果たすことがfMRIなどのヒトの研究で示されて来ました。しかし、この前頭前野からの神経投射を受ける大脳基底核の神経回路がどのような役割を果たすのかは未知のままでした。そこで、私たちは「対象の選択」と「運動の選択」が時間的に分離するような課題を開発し、それを動物が実行している際の大脳基底核、特に線条体と呼ばれる大脳皮質からの入力部位の単一神経活動を記録し、その神経活動を解析して、大脳基底核が対象の選択に関わるのかどうかを検討しました。

画面上に2種類の図形を提示し、その1つを選択させる、という課題を

動物に行かせます。ただし、選択をする方法は一度選択肢が消えたあと、一つずつ提示された時に反応する、という方法を用いました (図1)。さらに、反応の後に得られる報酬量は図形の形、または、色のどちらか一方に関連づけられます (そしてそれらは一定期間で切り替えられます)。つまり動物は選択肢の図形で、どの形 (または色) が一番お得か (報酬がたくさん得られるのか) を、経験を通じて学習しながら選択することになります。動物が行動を起こす前において、線条体から電気生理学的方法で単一の神経細胞の発火活動を記録したところ、細胞ごとに特定の「選択した色」や「選択した形」に強く反応することがわかりました。これは具体的な運動を選択する前に、抽象的な「選択した対象」の情報表現が大脳基底核にあることを示しています。従来の研究と同様に、線条体には「運動の選択」に関わる神経細胞も見つかりましたが、そのニューロンたちと「対象の選択」に関わるニューロンたちは別々に存在していることもわかりました。このことは、将来しなければならない行動を計画的に実行するための抽象的な選択に関わる部分と、具体的に今選択しなければならない運動の選択に関わる部分が、大脳基底核の中に独立して存在することを示しています。

大脳皮質と同様に大脳基底核の線条体の中にもこのような階層性が存在し、それぞれが大脳皮質と連絡を取りながら我々の柔軟な意思決定が実現されているのではないかと考えています。さらに、この細胞活動の解析を進め、これらの抽象的な対象への情報表現がどのように学習によって獲得されていくのか、そのメカニズムを現在調べています。また、このような神経情報表現の研究は、機械に階層的な意思決定を実現するための鍵となる脳メカニズム解明への糸口となる成果です。

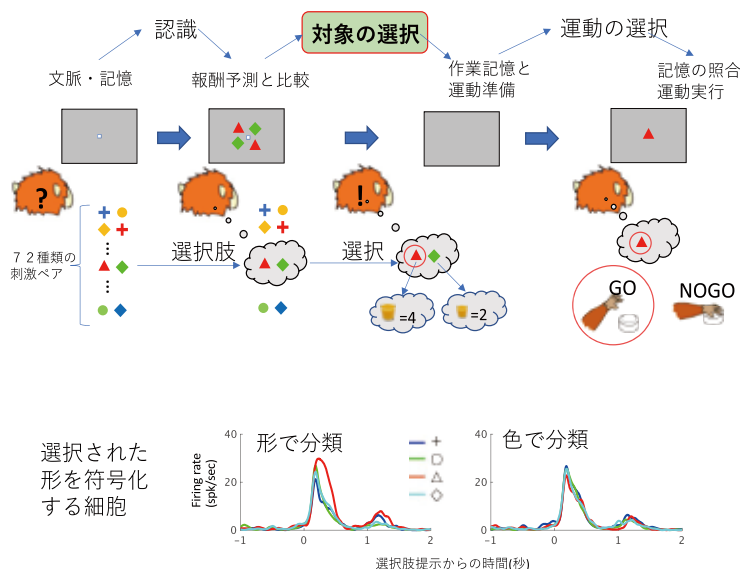


図1 対象の選択と運動の選択を時間的に分離する課題。(上段) 72種類の刺激ペアの中から1つのペアが画面上に提示され、2つの刺激の報酬予測 (この場合赤三角の報酬が緑ダイヤモンドの報酬より大きいので、その対象を選択する。その後赤三角が再び提示されたタイミングで運動を行なって、報酬を得る課題。(下段) 選択肢が提示された時のある神経細胞の活動。三角が選ばれる時のみ強い発火が見られる。色ごとに分類しても活動に違いはない。

主な研究業績:

- 1) Nonomura, S. & Samejima, K. (2019). Neuronal representation of object choice in the striatum of the monkey. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 1283. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2019.01283/full>

視覚心理に基づくテクスチャ特徴表現と深層特徴表現のマッピング

研究代表者：庄野 逸（電気通信大学 大学院情報理工学研究科 教授）

テクスチャ画像を用いた心理物理量と畳み込みニューラルネットワーク表現の関連

本研究では人の視覚心理物理量と深層畳み込みニューラルネットワーク（CNN）の関係を探るべく、心理視覚的な特徴量である Portilla-Simoncelli 統計量（PSS）を中心にテクスチャ画像記述に関する特徴量研究を行いました。ここでは自然画像のみを学習させた VGG と呼ばれる CNN に対してテクスチャ画像を提示して得られる中間層の表現を計算します。この CNN の特徴表現に対して、テクスチャ画像から得られる PSS 統計量をスパース回帰させ、その重みを調べることにより、PSS が CNN の表現を、どの程度説明可能性のあるのかを測るとい

手法を提案しました（図1参照）。この結果として、VGG 中間層部分では、自然画像のみで学習させたものであるにも関わらず、サル高次視覚野（V4 野）と類似した表現が発現していることがわかりました。その一方で VGG では、画像中の物体の影などの成分を強調するための変量がほとんど発現しないという特有の性質を持つことも明らかになり、脳の情報表現との違いに関しても明らかになってきました¹⁾。また PSS を用いたスピニアウト的な研究として、磁気薄膜画像の計測に PSS を適用することで、物性パラメータの推定などが可能であることを示すことができました²⁾。

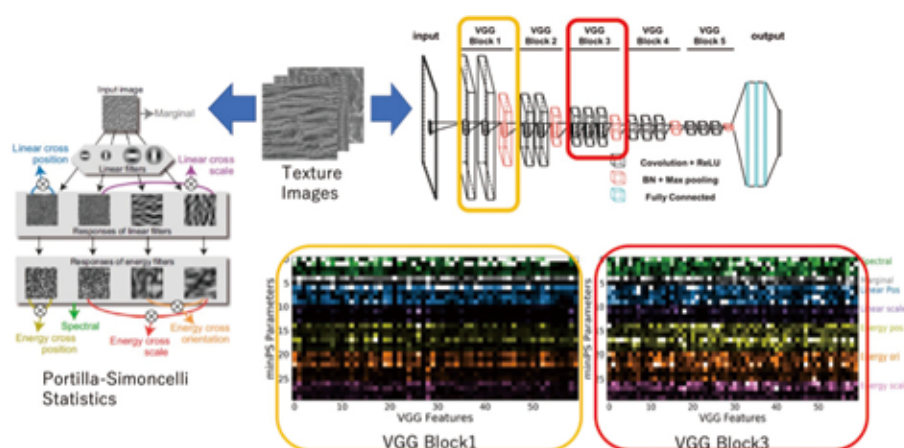


図1 実験概略図。テクスチャ画像の PSS 特徴量と VGG の表現の関連を探る

主な研究業績：

- 1) Hamano Y., Shouno H. (2020), Analysis of Texture Representation in Convolution Neural Network Using Wavelet Based Joint Statistics, Lecture Notes in Computer Science, Proc. of ICONIP' 20, Bangkok, Thai, 12532(1), pp. 126-136
https://doi.org/10.1007/978-3-030-63830-6_11
- 2) Murakami R., Mizumaki M., Hamano Y., Akai I., Shouno H. (2021) Texture Analysis of Magnetic Domain Images Using Statistics Based on Human Visual Perception, Journal of the Physical Society of Japan, 90, 44705,
<https://doi.org/10.7566/JPSJ.90.044705>

高次視覚野の計算理論に基づくワンショット学習モデル

研究代表者：細谷 晴夫（脳情報通信総合研究所 主任研究員）

ワンショット学習は、脳の最も驚くべき汎化能力の一つです。例えば、顔画像を一例だけ覚えておくだけで、どの方向を向いた顔を見せられても認識できます。ワンショット学習は、人工知能分野でも時折取り上げられる難問ですが、決定的なアルゴリズムはまだありません。本研究では、神経科学における高次視覚野の理論的・実験的知見から着想した深層生成学習モデル、Group-based Variational Autoencoder (GVAE) および、その拡張モデルであるCategorical Invariant Generative Model (CIGMO: 右図) を構築し、ワンショットクラス分別性能において既存モデルを凌駕することを示しました。

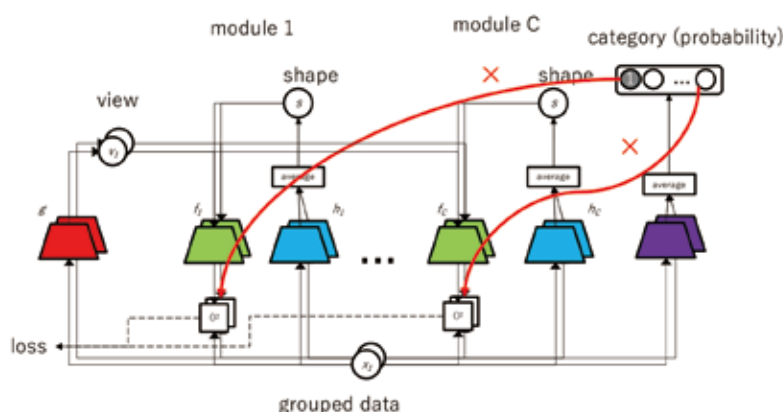


図 CIGMOアーキテクチャ。グループ化された画像データからカテゴリを推定（右端ネットワーク）すると、そのカテゴリに対応した形状表現（中央）が、ビュー表現（左端）と分離するように動作・学習する。

主な研究業績：

- 1) Hosoya, H. CIGMO: Learning categorical invariant deep generative models from grouped data. In ICLR Workshop on Weakly Supervised Learning, 2021.
<https://weasul.github.io/papers/4.pdf>
- 2) Hosoya, H. Group-based learning of disentangled representations with generalizability for novel contents. The International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Aug, 2019.
<https://doi.org/10.24963/ijcai.2019/348>
- 3) Raman, R. & Hosoya, H. Convolutional neural networks explain tuning properties of anterior, but not middle, face-processing areas in macaque inferotemporal cortex. Commun. Biol. 3, 1-14 (2020).
<https://doi.org/10.1038/s42003-020-0945-x>

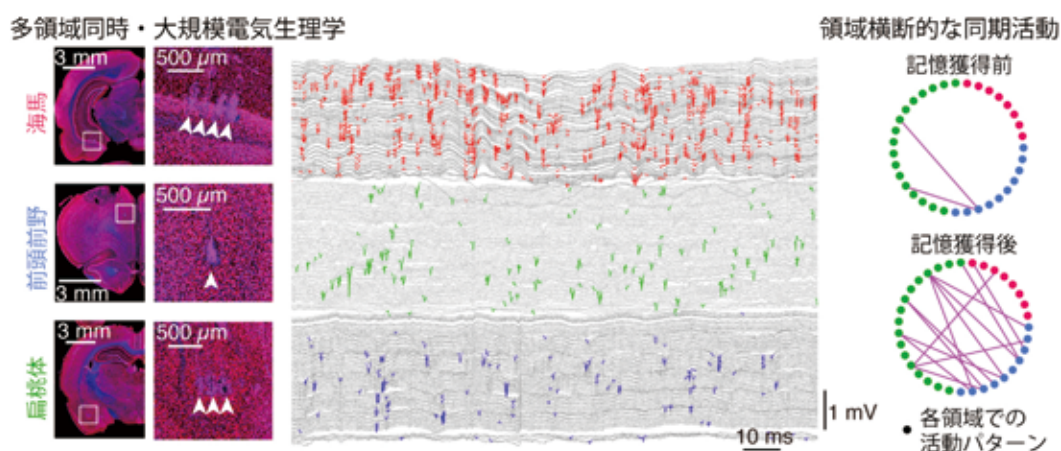
超大規模電気生理学を用いた睡眠中のオフライン学習アルゴリズムの解析

研究代表者：宮脇 寛行 (大阪市立大学 大学院医学研究科 助教)

脳にとって睡眠は外界からの感覚入力から切り離されたオフラインの状態です。しかし脳は睡眠中も活動し続けており、覚醒時に見られた神経活動パターンが散発的に再現されていることが知られています。このような活動の「リプレイ」は海馬をはじめとする様々な脳領域で報告されており、覚醒時に獲得した記憶を定着させる「オフライン学習」に関わっていると考えられています。しかし、様々な脳領域でおこるリプレイがどのように記憶を定着させているのかは不明でした。

そこで本研究では、海馬、扁桃体、大脳皮質の3つの領域から多数の神経細胞の活動を一齐に記録し、記憶の獲得によって活動パターンの間に見られる関係がどのように変化するかを解析しました。その結果、記憶の獲得後の睡眠中には複数の脳領域で同期したリプレイが生じることが明らかになりました。さらに興味深いことに、海馬と大脳皮質の活動パターン

は記憶の獲得中には弱い同期しか示さないのに対し、その後の睡眠中に強く同期するようになることを発見しました。また、このような同期活動は記憶の想起の際にも観察されました。これらの結果は、睡眠中のリプレイによって脳の領域横断的なネットワーク結合が強化されることが、オフライン学習に重要な役割を果たしている可能性を示唆しています。



図左 多領域同時記録部位の例。

図中央 同時記録された局所電場電位の例。単一細胞の活動に由来する波形を強調表示している。

図右 記憶の獲得前（上）および獲得後（下）の睡眠中に見られる同期パターン。記憶の獲得にともない、脳領域横断的な同期活動が生じることが明らかとなった。

主な研究業績：

- 1) Miyawaki, H., & Mizuseki K. (2019) Evolution of fear memory representation in local and global circuits. (The 49th Annual Meeting of the Society for Neuroscience)
- 2) Miyawaki, H., & Mizuseki K. (2020) Dynamics of inter-regional cellular interactions during slow-wave sleep. (The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society)
- 3) Miyawaki, H., & Mizuseki K. (2022) De novo inter-regional coactivations of preconfigured local ensembles support memory. Nature Communications, in press.

非線形ダイナミカル表現学習法の開発による脳の理解と予測

研究代表者：森岡 博史 (理化学研究所 革新知能統合研究センター 特別研究員)

このプロジェクトでは主に、未知の非線形ダイナミクスに潜む潜在成分をデータ駆動的に推定する手法を提案しました。提案法は、近年我々が開発した深層学習に基づく非線形独立成分分析 (ICA) を、内部に再帰的な結合を持つダイナミカルモデルへと理論的に拡張したものです。一般的に、このような非線形表現学習は極めて不定性の高い問題であり、一般化非線形ダイナミクスにおいて同定性を保証できる推定法はこれまで存在していませんでした。本研究においては、潜在成分が独立同分布でないことを仮定することにより、未知の非線形ダイナミクス (特別な仮定は不要) から得られた観測データからその同定が可能であることを示し、さらに深層学習に基づく実用的な推定法を提案することで注目を浴びました。提案法の有効性を示すため、外部刺激 (視覚・聴覚) 下におけるヒトの脳活動計測データ (MEG) に適用した結果、脳ダイナミクスが実際に外部刺激

に依存する形で駆動されていることが示されました。また、それらの潜在成分の被験者間での類似度を評価した結果、提案法による潜在成分が他手法よりも高い値を持つことが示されました。提案法は非線形ダイナミクスを解析する上で極めて汎用性の高い手法であり、脳に限らず様々なダイナミクスに適用可能であるため、今後さらなる発展が期待できます。

提案法を実装したコードはGitHubにて公開しているので (研究業績参照)、興味がありましたらぜひお試しください。また、要望やフィードバックなどありましたらいつでもご連絡ください。

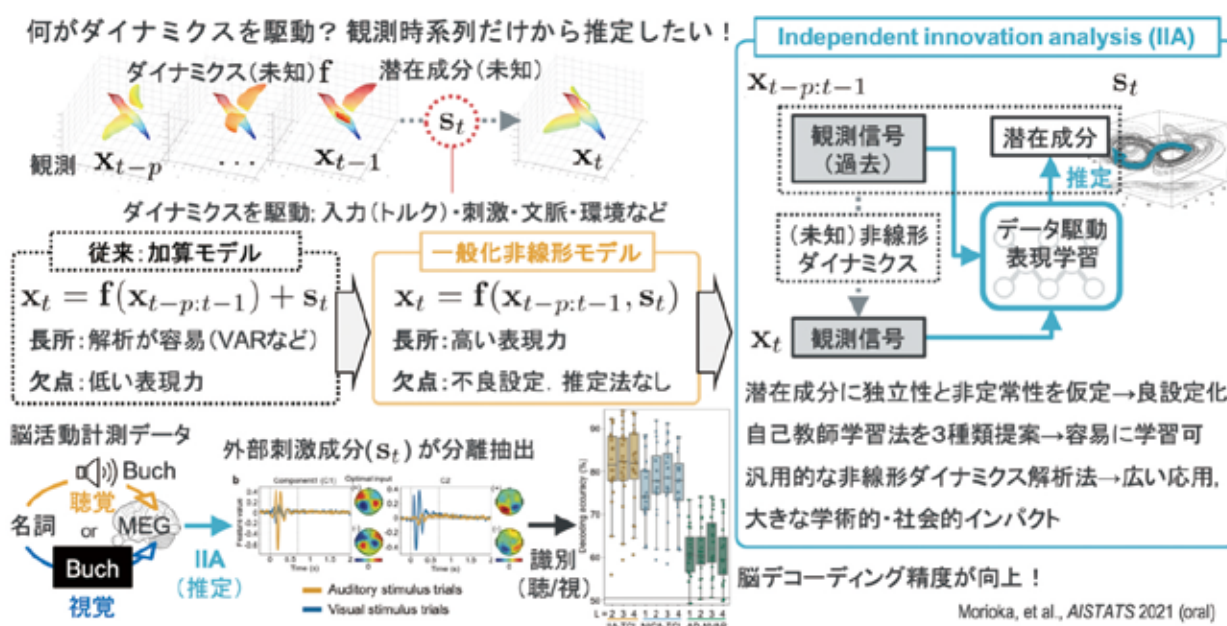


図 非線形ダイナミカル表現学習法の開発による脳の理解と予測

主な研究業績:

- 1) Morioka H, Hälvä H, Hyvärinen A (2021). Independent Innovation Analysis for Nonlinear Vector Autoregressive Process. International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS). <https://virtual.aistats.org/virtual/2021/poster/1692> (code: <https://github.com/hmorioka/IIA>)

潜在的運動における学習適応メカニズムの解明と計算モデル構築の研究

研究代表者：五味 裕章 (NTT CS研 人間情報研究部 感覚運動研究グループ リーダ・上席特別研究員)

「思わず体が反応した」というのは、スポーツばかりでなく、日常生活の中でも時折体験することでしょう。例えば、バスの中で体がよろけたときに、手すりを掴むように素早く手を伸ばす動作は、意思決定に基づく随意的動作のみでは説明が付きません。これが可能となるのは、意識的な運動を行う情報処理に加え、複数の無意識的な感覚運動情報処理が並列的に階層的に行われているためです¹⁾。次世代ロボット開発などにも役立つことが期待される、隠された脳の情報処理の仕組みを明らかにしていくのが我々の研究の狙いです。ここでは、この研究プロジェクトで行ったいくつかの研究についてご紹介します。

我々は以前の研究で、手到達運動中に視野の動きを与えると、短潜時で手が視野の動き方向に動くMFRという現象を調べてきましたが、この応答が、どのような計算メカニズムで発生するのかについては論争になっていました。仮説Aは、「視覚運動が到達指標の脳内表象の位置ずれを引き起こし、その疑似的位置ずれに対する修正動作が無意識で生ずる」というものでした。この説は知覚研究でMIPS (motion induced position shift) として知られた錯覚現象によって支持されていました。仮説Bは「視覚運動により誤った身体運動推定が行われ、それに対して手の到達運動を修正する動作が無意識に生ずる」というものでした。これらは長年論争になっていましたが、我々の実験は、1: 視覚運動によって生ずる「指標位置の疑似変化」に対する運動修正成分では、視覚運動によって生ずる腕応答の初期成分が説明できないこと (図1A)²⁾、2: 姿勢や視覚的外界の不安定な環境文脈によるMFRのモジュレーションは、視覚運動からベイズ推定される姿勢の動きに対する補償動作としてモデル化できること (図1B) (投稿中)、を示すことに成功し、仮説Bが支持さ

れました。この結果は、脳が、腕運動とは一見関係の薄い「視覚的外界情報や姿勢の安定性」を考慮し、腕運動の実行中に動作修正に結び付けていることを意味しており、脳の優れた情報処理能力の一つであると言えます。

また別の研究³⁾では、ヒトの歩行における歩行速度調節メカニズムを探りました。従来、歩行速度の調節には、映像のコントラスト時間周波数が関係すると考えられていました。我々の研究では、人工視覚環境 (図2) を使って目に映る壁の情報 (奥行き、時空間周波数) や単眼・両眼の情報を操作し、ヒトが視覚の奥行き情報まで考慮した歩行速度の推定を行い、無意識に歩行速度調整を行っていることを明らかにしました。これにより、無意識な視覚—運動制御情報処理であっても、高度な視空間情報処理をおこなって歩行が制御されていることが分かってきました。

さて、視覚情報は、高度な運動制御に直接的に使われることに加え、体性感覚による運動制御にも間接的に影響を与えます。Newsletter vol.9でご紹介したように、手首の運動中に外力を与えて生ずる短潜時の運動応答 (伸長反射) は、手首の運動中の位置カーソルの実際の動きとの差やカーソル消失で変化することから、視覚情報に依存した手の状態表現の曖昧性に応じた体性感覚—運動系の調整が行われていることがわかってきました。このように、視覚情報は、顕在的な外界の幾何学的世界を再構成するというのではなく、外界とのインタラクションを行う運動のための様々な情報処理に潜在的に使われています。今後も我々は、様々な階層レベルで行われる隠された感覚運動制御のための脳の情報処理を明らかにしていくとともに、構成的な検証も行い、人間の感覚運動制御の仕組みの理解を深めていきたいと考えています。

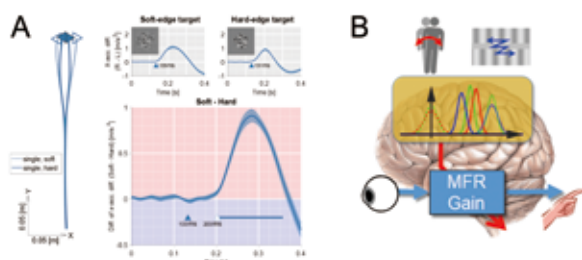


図1 視覚運動の腕応答への影響 A: 輪郭のぼやけたターゲットと輪郭のはっきりしたターゲットの内部運動刺激に対する腕運動中の視覚性運動応答 (上図)と、それらの差分から求めた運動—位置インタラクションに対する成分 (下図) B: MFRの生成プロセスを視覚運動からベイズ推定される姿勢の動きに対する補償動作としてモデル化すると、そのゲイン変化がうまく説明できる

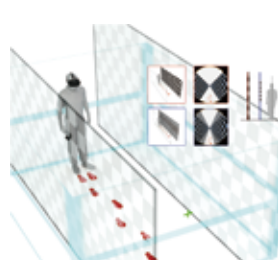


図2 HMDによりバーチャル空間を呈示した際の歩行計測実験模様のパターン・壁の近さ・見え方を操作した際の視覚速度変化に対する歩行速度の調節を観察した



図3 UCL-ICN, Gatsby, NTT, AIBS Joint Workshop: Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behavior (2018.10 OISTにて)

主な研究業績:

- 1) Macpherson T, Matsumoto M, Gomi H, Morimoto J, Uchibe E, Hikida T (2021) Parallel and hierarchical neural mechanisms for adaptive and predictive behavioral control. *Neural Networks* 144:507–521.
- 2) Ueda, H., Abekawa, N., Ito, S., & Gomi, H. (2019). Distinct temporal developments of visual motion and position representations for multi-stream visuomotor coordination. *Scientific Reports*, 9(1), 12104.
- 3) Takamuku S, Gomi H (2021) Vision-based speedometer regulates human walking. *iScience*:103390.

報酬 / 目的指向行動の神経回路機構

研究代表者：足田 貴俊 (大阪大学蛋白質研究所 高次脳機能研究室 教授)

報酬 / 目的指向行動を適切にかつ柔軟性を持って遂行する機構の解明は脳科学と人工知能に共通する課題です。大脳基底核は報酬 / 目的指向行動に必須な脳部位であり、パーキンソン病、薬物依存症、PTSD、うつ病、統合失調症といった多くの精神神経疾患で障害されています。研究代表者は、これまでに大脳基底核の直接路と間接路の2つの主要な神経経路について、特異的な可逆的神経伝達阻止法を用いて、マウスにおいて、直接路は報酬学習、間接路は忌避学習にそれぞれ重要な役割を担っていることを示してきました。しかしながら、この並列回路の制御機構については未解明な点が残されていました。

本研究において、大脳基底核の直接路と間接路のそれぞれに特異的な可逆的神経伝達阻止法をマウスに適用することによって、報酬 / 目的指向行動における大脳基底核神経機構を調べてきました。タッチスクリーン認知行動測定装置を用いて、側坐核の直接路が報酬 / 目的指向行動の特にサイン追跡行動に関与することを示しました (Frontiers in Neuroscience, 2018) また、マウス集団行動を観察するインテリケージ認知行動測定装置を用いて、行動の柔軟性に側坐核の間接路と間接路に局在するドーパミンD2受容体が重要であることを示しました (Learning & Memory, 2016)。これらの一連の研究から、直接路と間接路の並列回路が適切かつ柔軟な行動に重要であることを明らかにしました。また、側坐核の直接路と間接路は大脳皮質内側頭前野に

おいて、それぞれ回路特異的な遺伝子発現制御を行っていることを示し、階層回路制御の分子機構の一端を明らかにしました (Scientific Reports, 2020)。本研究で明らかとなった報酬 / 目的指向行動の神経機構をもとに、A02 領域において、柔軟な行動に大脳基底核の並列回路および大脳皮質を含めた階層回路が重要であることを概説し、運動制御における人工知能・ロボット制御への応用を議論しました (Neural Networks, 2021)。今後の脳科学に基づく人工知能の開発につなげていきます。

精神疾患では報酬 / 目的指向行動を適切にかつ柔軟性を持って遂行することが困難になります。本研究において、精神疾患モデルマウスでは大脳基底核の間接路に局在する分子異常を原因として依存性薬物に対する感受性が上昇することを見出しました (Neuroscience Research, 2020)。このことから、精神疾患病態において、階層回路機構や並列回路機構といった神経回路の制御機構に異常を来とし、報酬 / 目的指向行動における障害や精神症状につながるとする精神疾患における回路病態仮説を提唱しました (図1, Psychiatry and Clinical Neurosciences, 2019)。今後、モデルマウスの回路病態の解析をすすめて、新しい精神疾患の治療法の開発へとつなげたいと考えています。また、人工知能、ロボティクス、計算精神医学と脳科学の融合に貢献できればと思います。

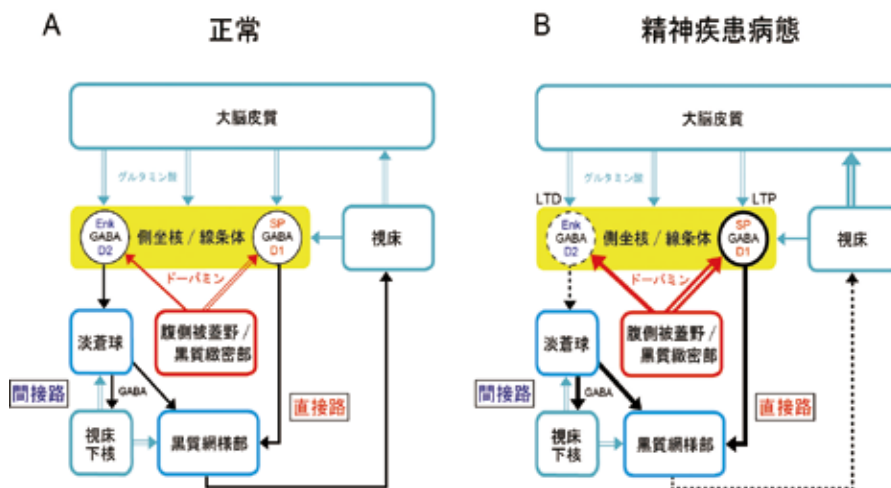


図 大脳基底核神経回路と精神疾患における回路病態仮説

主な研究業績：

- 1) Macpherson T, Hikida T (2018). Nucleus accumbens dopamine D1-receptor-expressing neurons control the acquisition of sign-tracking to conditioned cues in mice. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 418. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00418>
- 2) Hikida T, Yao S, Macpherson T, Fukakusa A, Morita M, Kimura H, Hirai K, Ando T, Toyoshiba H, Sawa A (2020). Nucleus accumbens pathways control cell-specific gene expression in the medial prefrontal cortex. *Scientific Reports*, 10, 1838. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58711-2>
- 3) Macpherson T, Matsumoto M, Gomi H, Morimoto J, Uchibe E, Hikida T (2021) Parallel and hierarchical neural mechanisms for adaptive and predictive behavioral control. *Neural Networks*, 144: 507-521. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.09.009>

報酬と注意の情報処理に関するドーパミン神経回路機構

研究代表者：松本 正幸（筑波大学医学医療系 教授）

ドーパミン神経系は報酬情報をコードする神経系としてよく知られています。特に、その活動は強化学習の中で重要な役割を果たす報酬予測誤差信号をコードし、動物の学習を調節する働きがあると考えられてきました。一方、ドーパミン神経系の異常は報酬とは直接関係のない様々な機能を障害することが知られています。新学術領域「人工知能と脳科学の対照と融合」において、我々の研究チームは、ドーパミン神経系がどのようにしてこのように多様な機能を調節しているのか、そのメカニズムを解析してきました。

我々が注目した脳機能の一つに、「行動抑制」があります。社会生活を送る上で、衝動的な行動や不必要な行動を抑制できることがとても重要です。注意欠陥多動性障害やパーキンソン病などの精神・神経疾患ではこの行動抑制の能力が低下しています。これらの疾患の多くではドーパミン神経系に異常が見られることが知られていますが、この神経系がどのようにして衝動的な行動や不必要な行動を抑制しているのかは全く明らかになっていませんでした。我々のチームでは、行動を抑制することが求められる認知課題をヒトに近縁なマカク属のサルに訓練し、課題遂行中のサルの黒質緻密部および腹側被蓋野のドーパミンニューロンから活動を記録しました (Ogasawara et al., 2018)。実験の結果、サルが行動を抑制することを求められたとき、ドーパミンニューロンの中でも黒質緻密部に分布するものだけが活動を上昇させました。また、黒質緻密部のドーパミンニューロンから投射を受ける線条体領域（尾状核）からも、同様の神経活動の上昇が観察されました。さらには、この線条体領域へのドーパミンニューロンからの神経入力を薬理的に遮断すると、不適切な行動を抑制するサルの能力が著しく低下しました。以上の結果から、黒質緻密部のドーパミンニューロンから線条体尾状核に対して、不適切な行動を抑制するための神経シグナルが伝達されていることが明らかとなりました。

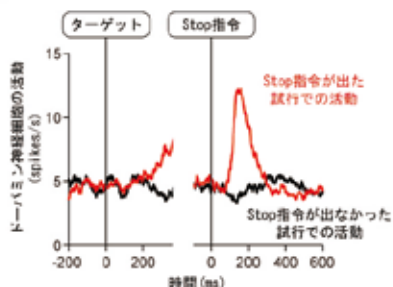


図1 Stop 指令が出た際の黒質緻密部ドーパミンニューロンの活動

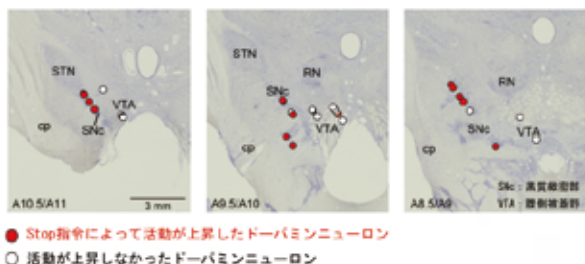


図2 Stop 指令に対して活動が上昇したドーパミンニューロンの分布

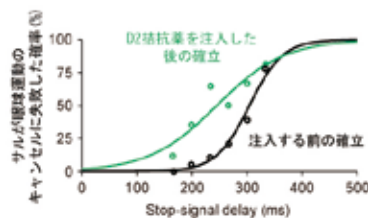


図3 D2 拮抗薬を線条体尾状核に注入した際のサルの行動成績

我々が注目するもう一つの脳機能に「意思決定」があります。我々は日常生活の様々な場面で選択を迫られますが、薬物依存症や強迫性障害では、不合理な意思決定がしばしば見られます。これらの疾患の主な病因の一つは、ドーパミン神経系の異常です。ドーパミン神経系が意思決定に果たす役割を明らかにするため、価値に基づく意思決定が求められる行動課題をマカクザルに行わせ、課題遂行中のサルのドーパミンニューロンから神経活動を記録しました (Yun et al., 2020)。その結果、選択肢が提示されて、サルがそれを選ぶかどうか決めようとしているとき、ドーパミンニューロンは、選択肢の価値が高いほど強く活動を上昇させました。一方、選択肢の価値に関わらず、サルがその選択肢を選ぶときだけ活動を上昇させるドーパミンニューロンや、選択肢の価値とサルの選択行動の両方を反映した活動を示すドーパミンニューロンも多く見つかりました。ここで得られた特に重要な知見は、ドーパミンニューロンは、選択肢が提示された直後は選択肢の価値を反映して活動しますが、選択肢を選ぶかどうか決めようとしている間に、選択行動を反映した活動に変化することです。これまで意思決定の中核として注目されてきた前頭葉の眼窩前頭皮質からも神経活動を記録しましたが、本研究により、ドーパミンニューロンの方が、より早く価値から選択への活動変化を生じることがわかりました。以上のことから、意思決定のメカニズムとして、選択肢の「価値情報」をその選択肢を選ぶかどうかの「選択指令」へといち早く変換しているのは、霊長類で最も発達した高次中枢である前頭葉ではなく、進化的に保存された中脳のドーパミンニューロンであることが明らかになりました。



図4 意思決定時のドーパミン活動ダイナミクス

我々の研究は、ドーパミンニューロンが報酬とは直接関係のない情報をコードし、様々な場面で動物の行動を支えていることを示唆します。現在、計算論的神経科学の研究者らと共同研究を進め、ドーパミン神経系が行動抑制や意思決定を制御する計算モデルの構築を目指しています。最後になりましたが、我々の研究をサポートして頂いた新学術領域「人工知能と脳科学の対照と融合」にお礼を述べて結びとさせていただきます。

主な研究業績：

- 1) Ogasawara T, Nejime M, Takada M, Matsumoto M (2018). Primate nigrostriatal dopamine system regulates saccadic response inhibition. *Neuron*, 100, 1513-1526
- 2) Yun M, Kawai T, Nejime M, Yamada H, Matsumoto M (2020). Signal dynamics of midbrain dopamine neurons during economic decision-making in monkeys. *Science Advances*, 6, eaba4962

自己と他者の動作データからの内部モデルの構築と行動則の獲得

研究代表者：森本 淳（京都大学 大学院情報学研究所 教授 / 株式会社国際電気通信基礎技術研究所（ATR）室長）

本研究では、脳に学んだ計算原理に基づいて自己や他者の動作データから身体や外界の内部モデルを構築するロボット学習アルゴリズムの開発を目指しました。制御対象のモデルが既知（つまり計算機内に表現可能）であり、時間の制約がなくオフラインでの制御器の導出が許される場合は、モデル予測制御を用いたアプローチが多自由度ロボットの制御に有用であることがわかってきていました。しかし、実環境でのロボットのリアルタイム制御をおこなう場合においては、特に衝突や接触などの実環境を反映したモデルを計算機内に表現することがむずかしく、また制御周期内に制御器導出のための最適化計算が収まらないなどの問題があり、一般には上記アプローチのそのままの活用は容易ではありませんでした。本研究においては、脳の階層的な制御システムを参考に、上位階層においてモデル予測制御により多様な動作目的にあわせた制御器を導出することを可能と

しながら、中間の階層において（モーションキャプチャした）人の動作データからパターン生成器を構成、動作生成の探索範囲を誘導、下位階層においては短い制御周期での計算が可能な目標軌道追従制御を導入することを提案しました。これによって、上位階層での制御周期を長く取れるようになり、ヒト型ロボットモデルにおいてリアルタイムで多様な動作生成が可能となりました。下位階層での柔軟な関節制御の実現は実システムへの実装過程における接触・衝突の扱いの難しさを緩和します。学習試行を通じてその柔軟さを適応させながら、モデル予測制御に用いる内部モデルを更新する当初目標とした方法論の開発にまでたどり着きました。本領域内での神経科学分野の研究者の方々との議論を通じてロボットの全身運動学習手法を発展させることができました。本領域において上記の研究を支援いただいたことに感謝いたします。

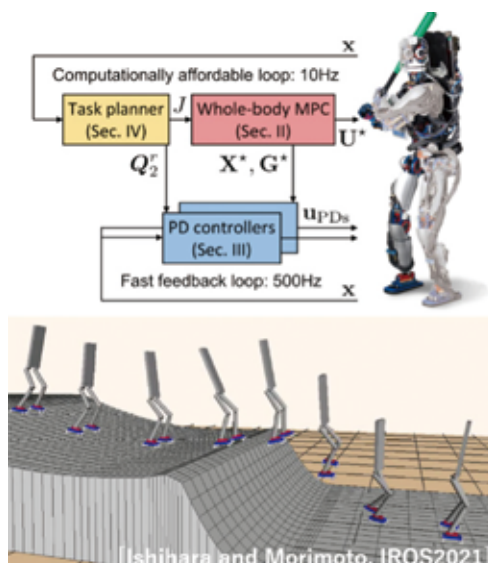


図 脳に学んだ階層的かつ適応的な学習制御

主な研究業績：

- 1) Morimoto J (2017). Soft Humanoid Motor Learning. Science Robotics (Focus), vol. 2, issue 13.
<https://doi.org/10.1126/scirobotics.aaq0989>
- 2) Ishihara K, Itoh T, Morimoto J (2019). Full-Body Optimal Control Toward Versatile and Behaviors in a Humanoid Robot. IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 5, Issue 1, 119-126.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8865637>
- 3) Ishihara K, Morimoto J (2021). Computationally Affordable Hierarchical Framework for Humanoid Robot Control. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2021).
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9636013>

感覚予測と報酬予測を統合するメタ学習機構：計算論的理解と脳内基盤の解明

研究代表者：井澤 淳（筑波大学 システム情報系 准教授）

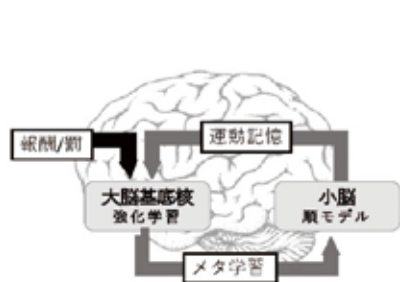
運動学習能力は先天的であり、これにより運動の得手不得手が決まると、一般には信じられています。しかし、実際には運動学習能力は多様に変化します。例えば、トレーニング2日目の学習スピードのほうが1日目の学習スピードよりも速くなる現象が多数報告されています (Krakauer, JNS, 2005)。また、学習スピードが環境変動 (Castro, Cur Biol. 2014, Herzfeld, Science, 2015) や金銭フィードバック (Galea, NatureNeuro, 2015) によっても多様に変化することが、近年明らかになってきました。それぞれ、記憶の想起、誤差の統計的性質、誤差の脳内表現、モチベーションの変化など、様々な理論が提案されましたが、互いに矛盾しているため、背景にある脳内機序も未解明です。また、これら従来理論はいずれも外的要因に影響を受ける受動的な学習能力変容を想定しているため、脳が運動学習能力を能動的に調節する方法は明らかにされていませんでした。

そこで我々は最近大きく注目を集めている人工知能のメタ学習理論 (「学習の学習」という階層構造によりメタ学習を実現, Duan 2016, Finn 2017, Wang 2017) に着目し、これをヒトに対する運動学習課題に適用しました。代表的な運動適応課題である視覚運動回転タスクを行っている際に、各予測誤差の経験に対する修正動作に対して、その修正動作の程度に応じて金銭的報酬を与える実験を行いました。1つ目のグループには修正動作が大きいと高い金銭報酬を与え、2つ目のグループには修正動作が小さいと高い金銭報酬を与えました。したがって、被験者が金銭報酬を最大化させるためには、強化学習を通じて能動的に運動適応ゲインを調節する必要があります。実験の結果、1つ目のグループでは運動適応ゲインが大きくなり、2つ目のグループでは運動適応ゲインが小さく学習されました (図B)。この結果から、ヒトの運動適応メカニズムには、強化学習を通じたメタ学習機能が備わっていることが明

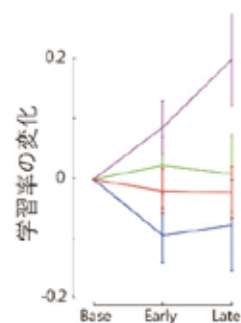
らかになりました¹⁾。計算論的には、観測した予測誤差から運動の修正までの感度係数を強化学習アルゴリズムで学習していることを示唆しています。

さらに、我々は、この感度係数が、複雑な身体-環境に対してどのようにメタ学習されるかを調べました。データグループから任意の変換マトリクスを通じて画面上のカーソルを操作するタスクを実施しました。計算論的に考えれば、このタスクでは、手指の姿勢とカーソルとの関係に冗長な自由度があり、その構造を脳内にモデル化し、そのモデルに基づいた誤差のフィードバックを行う必要があります。そして、一定のトレーニングが終了した段階で、カーソルに外乱を与え、観測した誤差に基づいた運動の修正ゲインを推定しました。その結果、運動学習時の軌道ノイズが修正ゲインを因果的に調節していることが明らかになりました。これは修正ゲインの設計に用いる、手指の姿勢とカーソルとの関係の構造の学習に関して軌道ノイズが効果的である事を意味しており、予測誤差に基づいた運動学習における探索ノイズの役割を示唆しています²⁾。これまで報酬に基づいた運動学習における探索ノイズの役割は発見されていましたが、予測誤差に基づいた運動学習における探索ノイズの役割は初めての報告でした。

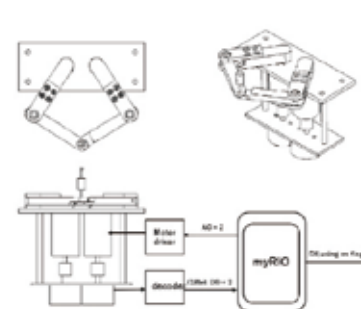
これら研究のように、運動制御・学習の計算論は、計算機実験の結果とヒト行動実験との比較によって行われてきました。一部、運動制御中の脳活動を脳機能イメージングで計測した研究もありますが、スキャナー中には実験装置 (ロボットマニピュラタム等) の使用が制限されており、行動実験と比べると単純な運動学習実験に限定されていました。そこで、メタ運動学習中の全脳の活動を調べ、その脳内実装の全貌を明らかにするための第一歩として、げっ歯類用のロボットマニピュラタムを開発しました (図C)³⁾。これは当該新学術領域内の共同研究としてスタートしたプロジェクトです。



図A 運動メタ学習アーキテクチャ



図B メタ学習効果 (ヒトに対する実験の結果)



図C げっ歯類用マニピュラタム

主な研究業績：

- 1) Sugiyama, T., Schweighofer, N., & Izawa, J. (2020). Reinforcement meta-learning optimizes visuomotor learning. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.01.19.912048>
- 2) Dal' Bello, Lucas Rebelo, and Jun Izawa. Dal' Bello, L. R., & Izawa, J. (2021). Task-relevant and task-irrelevant variability causally shape error-based motor learning. *Neural Networks*, 142, 583-596. *Neural Networks* 142 (2021): 583-596. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.07.015>
- 3) Inoue, T., Terada, S. I., Matsuzaki, M., & Izawa, J. (2021). A small-scale robotic manipulandum for motor control study with rodents. *Advanced Robotics*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/01691864.2021.1912637>

霊長類の前頭前野を巡る「行動選択」神経ネットワークの構築様式 — 神経解剖学および自由行動解析への機械学習手法の導入 —

研究代表者：井上 謙一（京都大学霊長類研究所 助教）

私達は、脳型 AI のデザインに資する大脳皮質と皮質下構造との神経連絡様式を解明することを目的に、多重越シナプストレーシング法や、さらに順行性軸索トレーシングと組み合わせた双方向性トレーシング法（図 A）を開発し、大脳皮質と大脳基底核・扁桃核・小脳などとの連絡回路を解析してきました¹⁾²⁾。また、私自身はこれまで AI に関しては全くの素人でしたが、領域活動や共同研究などを通じ、AI 技術を自身の脳研究へ利用する試みを進めてきました。本稿ではその中の 2 例について紹介します。

霊長類神経トレーシングデータの自動ラベリング

霊長類における多重トレーシング実験では、大きな脳で多重標識細胞を一つずつ検出していくのには膨大な時間がかかるという問題を抱えていました。これを解決するため、私達は機械学習を用いて標識された神経細胞を自動で識別するパイプラインの開発に取り組みました。マカザルの脳はマウスの約 200 倍もの大きさを持つため、データサイズの限界から 1 細胞あたりの像は 10x10 ピクセル程度となってしまう、また越シナプスラベルは領域によるラベルの強さや密度が大きく異なりますが、そのような条件でも精度良いラベル検出を実現することを目指しました。その結果、研究者が行うラベル検出と精度が同等であるネットワークを構築することができました。また、転移学習により、別の個体や別種のウイルスベクターを注入したサンプルに対しても、新たな個体の 500-1000 細胞分のみ教師データを加えることによって、十分な精度での検出が可能であることが分かりました

（図 B）。現在、多重蛍光ラベル細胞の検出のためのシステム改良を行っており、今後全脳におけるラベルをデジタルデータ化することにより、複数の実験のデータ統合による包括的解析や、データベース化などに寄与できるのではないかと期待しています。

マカサルモーションキャプチャーシステムの開発

構造的にも機能的にもヒトと類似した脳を持つサル類は、疾患の治療法開発やヒトの高次脳機能研究に必須の動物モデルです。言語を有しないサルにおいては、姿勢や動作の解析が、運動機能だけでなく社会性および情動性などの評価に必要となり、サルの姿勢や動作を定量的かつ高い再現性で解析可能なマーカーレスモーションキャプチャー技術の重要性は高いと考えられます。そこで私達は、富士大学の松本助教と九州工業大学の柴田教授と共同で、まず AI にサルの体の特徴点（各関節や目鼻耳など）の位置を学習させるため、約 17,000 頭分のマカサルの画像を収集してラベル付けを行うことで、大規模かつ高品質なサル姿勢の教師データセットを作成しました。そして、転移学習による効率的な学習を行うことができるアルゴリズムを適用して、その推定精度を検証しました³⁾。その結果、約 90% の精度で特徴点が検出でき、特徴点の位置の誤差も人が行った場合と同等と、高い精度で特徴点推定が可能であることが分かりました（図 C）。現在これを発展させて、3 次元姿勢の推定や複数個体の姿勢推定を実現するアルゴリズム開発を行うとともに、非ヒト霊長類の自然行動解析への適用研究を進めています。

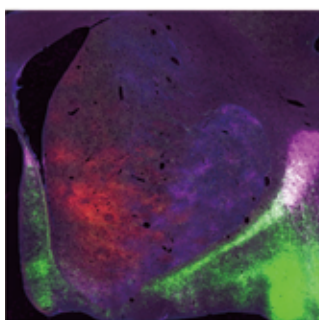


図 A 双方向性トレーシング法の実施例。青・赤色が軸索ラベル、緑・桃色が逆行性ラベル。

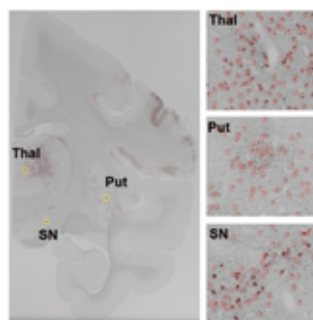


図 B AIを利用した逆行性標識ニューロンの自動ラベル。赤丸がラベルされた標識ニューロン。Tal: 視床、Put: 線条体、SN: 黒質。



図 C AIを利用したマカサルモーションキャプチャ³⁾。

主な研究業績：

- 1) Ishida H[#], Inoue K[#], Takada M. ^{#These authors contributed equally.} (2018) Multisynaptic projections from the amygdala to the ventral premotor cortex in macaque monkeys: Anatomical substrate for feeding behavior. *Front Neuroanat*. 12: 3. doi: 10.3389/fnana.2018.00003.
- 2) Lu X, Inoue K, Ohmae S, Uchida Y. (2020) New Cerebello-Cortical Pathway Involved in Higher-Order Oculomotor Control. *Cerebellum* 19:401-408. doi: 10.1007/s12311-020-01108-8.
- 3) Labuguen R, Matsumoto J, Negrete S, Nishimaru H, Nishijo H, Takada M, Go Y, Inoue K, Shibata T. (2021) MacaquePose: A novel 'in the wild' macaque monkey pose dataset for markerless motion capture. *Front Behav Neurosci*, 14:581154. doi: 10.3389/fnbeh.2020.581154.

モデルフリーモデルベースの協同による深層並列強化学習

研究代表者：内部 英治（国際電気通信基礎技術研究所 主幹研究員）

行動学習の一つである強化学習は環境から得られる「状態・行動・報酬」の系列から直接方策を学習するモデルフリー法と、いったん状態遷移確率を生成モデルとして学習するモデルベース法があります。両者は状況に応じて使い分けられていることが示唆されていますが、その基準は不明でした。本研究では、価値関数を評価基準としてモデルフリー・モデルベースを選択する並列学習法を、意思決定に要する時間の差を考慮するように拡張した非同期方法を開発しました（図 a）。MuJoCo 課題で検証したところ、学習初期の探索段階ではモデルフリー、学習中期ではモデルベース、学習後期では再びモデルフリーが自

動的に選ばれることを確認しました（図 c）。また、時間の差を考慮しない同期した協同方法よりも、非同期の協同方法が学習時のデータ効率も改善できることも確認しました（図 b）。

また正の報酬の最大化と罰の最大化を個別に並列学習する MaxPain 法の学習過程を安定化させるために、報酬最大化方策と罰最大化方策の間の Kullback-Leibler ダイバージェンスを正則加項として追加する方法を開発しました（図 d）。移動ロボットのナビゲーション課題（図 e, f）による検証では、従来よりも統合に関するハイパーパラメータの調整が容易で、制御性能もロバストになる結果が得られました（図 g）。

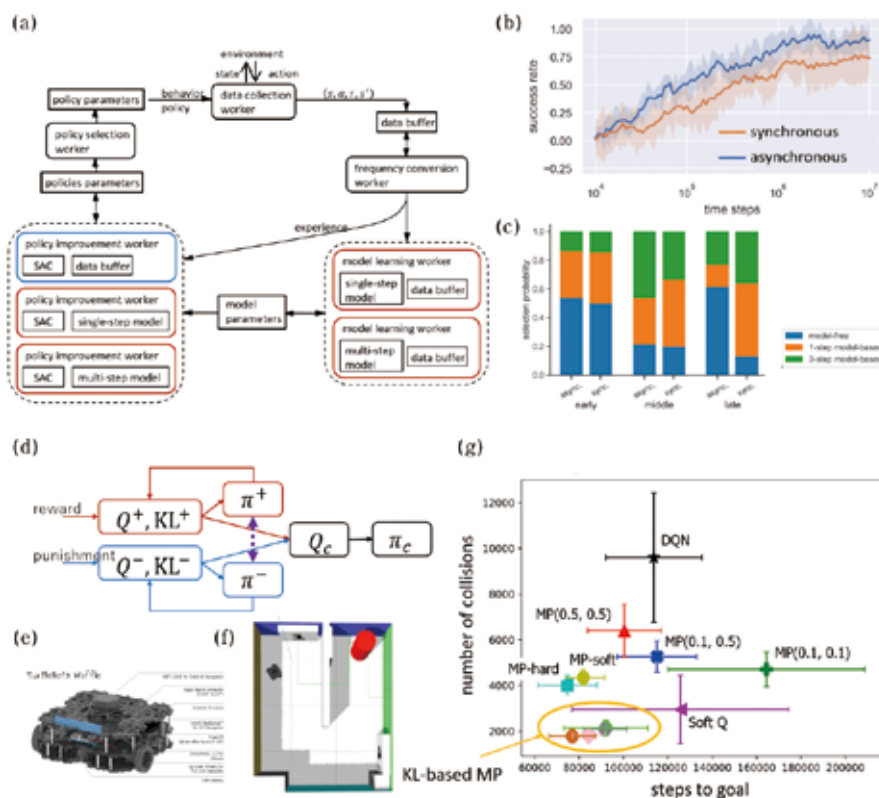


図 モデルフリーモデルベースの協同による深層並列強化学習

a: 非同期かつ協調的に動作する深層並列強化学習のアーキテクチャ。 b: 非同期に協調すると同期して強調する場合よりも学習効率が改善される。 c: 学習過程でのモデルフリー・モデルベース強化学習の選択の推移。 d: 報酬と罰を分離して学習する MaxPain アーキテクチャ。 e: 実験に用いた移動ロボット。 f: U-maze 環境。 g: MaxPain はハイパーパラメータの選択に影響を受けにくい。

主な研究業績：

- 1) Wang, J, Elfving, S, Uchibe, E (2021). Modular Deep Reinforcement Learning from Reward and Punishment for Robot Navigation. *Neural Networks*, 135, 115-126.
- 2) Uchibe, E, Doya, K (2021). Forward and Inverse Reinforcement Learning Sharing Network Weights and Hyperparameters. *Neural Networks*, 144, 138-153.
- 3) Macpherson, T, Matsumoto, M, Gomi, H, Morimoto, J, Uchibe, E, Hikida, T (2021): Parallel and Hierarchical Neural Mechanisms for Adaptive and Predictive Behavioral Control, *Neural Networks*, 144, 507-521.

ニューラルネットワークによる神経ネットワークの動作原理の解明

研究代表者：飯野 雄一（東京大学 大学院理学系研究科 教授）

私達は神経回路の構造がすべてわかっている小動物線虫を用いて行動を生み出す神経系の動作原理を解明することを目指しました。まず、多数の線虫の行動をcMOSカメラで測定して線虫の刻々の姿勢を数値化し、得られたデータを再帰的ニューラルネットワークRNNに混合ガウス分布による確率モデルを組み合わせたMDN-RNNニューラルネットワークモデルに学習させることにより、線虫の行動をよく再現するモデルが作成でき、それぞれのガウス分布が特定の行動シーケンスに対応していることが分かりました。このニューラルネットワークの学習を用いることにより自動的に行動分類が達成できることが明らかとなりました。

一方、対物レンズを高速に移動させて頭部全神経を観測する4Dイメージング顕微鏡により神経活動を測定し、得られた約200神経の活動時系列データをモデル化しました。ここでも非線形次元削減に引き続き混合分布の確率モデルを用いることにより、実際の神経活動のパターンを、確率的でありつつ神経間の相互関係をよく保ったままでモデル化することができました。モデル上での神経破壊などによりネットワーク上の情報の流れが推定できました。

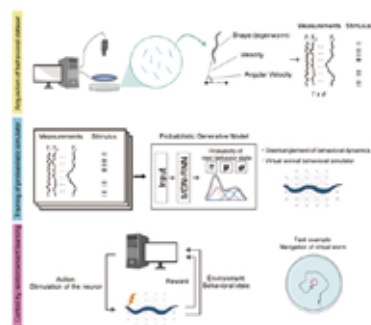


図1 MDN-RNNによる線虫の行動のモデル化
神経の行動をカメラで経時的に観測して数値化し、MDN-RNNで時系列を学習させることにより確率的行動をよくモデル化できた。さらには得られたモデルを用い強化学習で行動制御の手法を獲得できた。

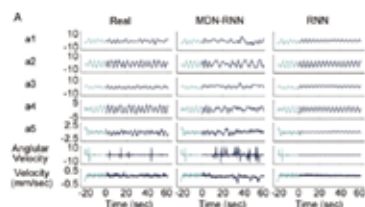


図2 多彩な確率的行動の再現にはMDN-RNNモデルが適し、RNNモデルでは不十分。

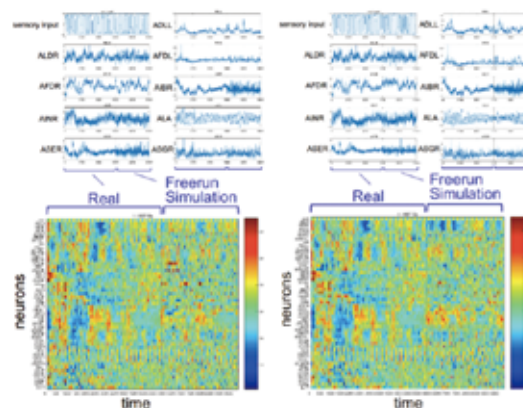


図3 神経活動のモデル化
混合ガウス分布による確率モデルでは繰り返しシミュレーションを行うと異なる結果となるが神経間の関係はよく再現されている。

主な研究業績：

- 1) Mori K, Yamauchi N, Wang H, Sato K, Toyoshima Y, Iino Y (2021). Probabilistic generative modeling and reinforcement learning extract the intrinsic features of animal behavior. *Neural Networks*, 145, 107-120. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.10.002>
- 2) Sato H, Kunitomo H, Fei X, Hashimoto K, and Iino Y (2021). Glutamate signaling from a single sensory neuron mediates experience-dependent bidirectional behavior in *Caenorhabditis elegans*. *Cell Rep* 35, 109177. 10.1016/j.celrep.2021.109177.
- 3) Toyoshima Y, Wu S, Kanamori M, Sato H, Jang MS, Oe S, Murakami Y, Teramoto T, Park C, Iwasaki Y, Ishihara T, Yoshida R, Iino Y (2020). Neuron ID dataset facilitates neuronal annotation for whole-brain activity imaging of *C. elegans*. *BMC Biol* 18, 30.

刺激弁別の学習フェーズにおける線条体細胞タイプ特異的な神経活動の可視化

研究代表者：小林 和人（福島県立医科大学 生体機能研究部門 教授）

複雑な運動技能や意思決定の基盤となる学習プロセスは、環境内の刺激と適切な行動の間の連合を形成することであり、皮質と大脳基底核を結ぶ神経ネットワークによって支えられていると考えられています。大脳基底核の入力層に位置する線条体は、出力層への投射様式の違いに基づいて分類された直接路ニューロンと間接路ニューロンから構成されます。この2タイプの神経細胞が、刺激-行動学習プロセスにおいてユニークな役割をはたすことは、我々の研究グループの成果を含む過去の研究結果から示唆されてきましたが、その全容解明には至っていません。

そこで我々は、細胞機能を操作するための遺伝子を、直接路ニューロンあるいは間接路ニューロンに特異的に発現誘導することを可能にする遺伝子改変ラット（Tac1-Cre/Drd2-Creラッ

ト）を作製しました。これらのラットとウイルスベクター技術に基づき、直接路/間接路ニューロンの選択的な除去（緑膿菌外毒素・PE38）、活動可視化（カルシウム感受性蛍光たんぱく質・GCaMP）、活動操作（昆虫由来の陽イオンチャネル・IRNA）のためのシステムを確立しました。今後はこれらのシステムを有機的に組み合わせ、刺激-行動学習における様々な学習フェーズにおける2タイプの神経細胞のはたらきとその意義について、AIの学習と対照しつつ解明したいと考えています。

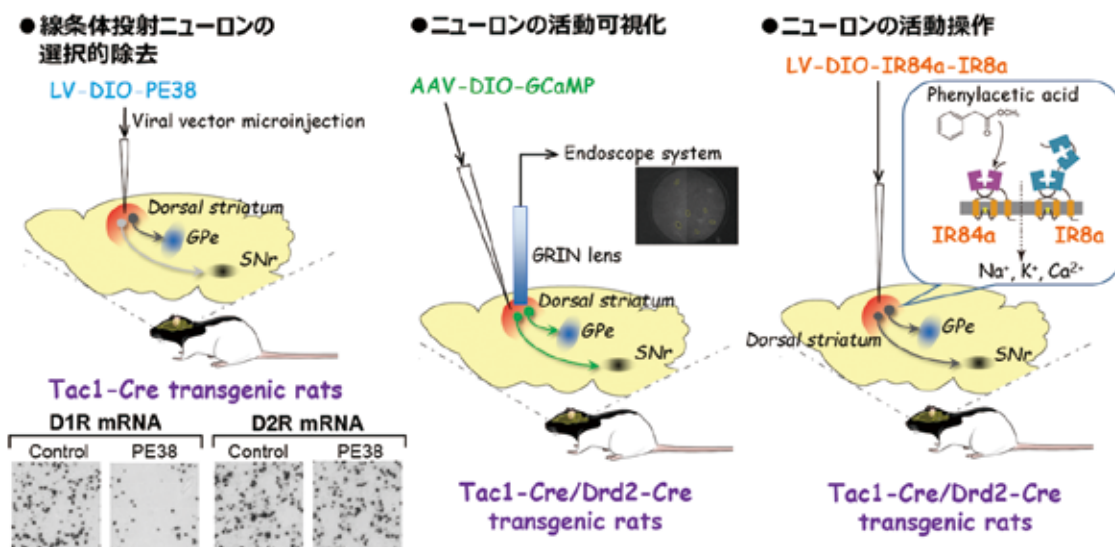


図 ラットの学習過程における線条体細胞タイプ（直接路/間接路ニューロン）特異的な役割を解明するために独自に開発した分子遺伝学的ツール。左から、緑膿菌外毒素を用いた選択的除去・カルシウム感受性蛍光タンパク質を用いた活動可視化・昆虫由来の陽イオンチャネルを用いた活動操作（亢進）。

主な研究業績：

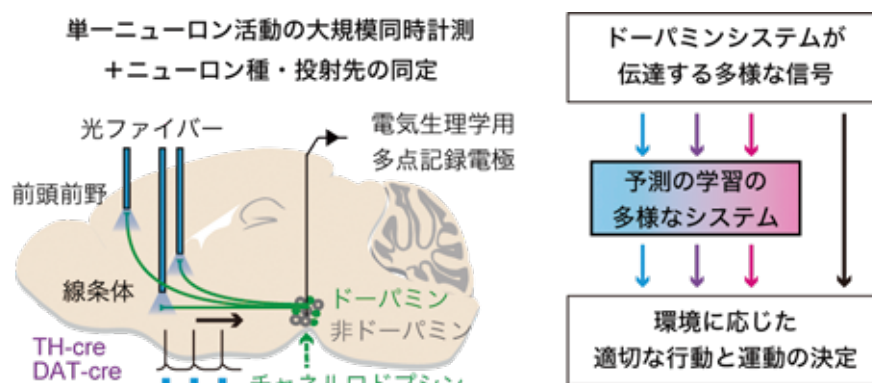
- 1) Osanai M, et al. (2021). Multimodal functional analysis platform: 1. Ultrathin fluorescence endoscope imaging system enables flexible functional brain imaging. In: Yao H. (ed) Optogenetics. Advances in Experimental Medicine and Biology, 1293: 471-479. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- 2) Fukabori R, Iguchi Y, et al. (2020). Enhanced retrieval of taste associative memory by chemogenetic activation of locus coeruleus norepinephrine neurons. Journal of Neuroscience, 40, 8367-8385.

行動選択におけるドーパミン神経回路の並列情報処理機構の解明

研究代表者：松本 英之（大阪市立大学大学院医学研究科 神経生理学 助教）

未来を予測して行動し、その行動の結果と予測の誤差からさらに良い予測を学ぶ能力は、環境に応じた適切な行動と運動の選択にとっても役に立ちます。中脳ドーパミン細胞は、報酬に基づく予測誤差学習に重要な役割を果たすことが知られています。一方で近年の研究から、ドーパミン細胞にはさまざまな多様性があることが明らかになってきました。このことから、ドーパミン細胞はこれまで考えられていた以上に多様で広範な学習に関与している可能性が予想されます。本研究では、ドーパミン細胞にみられる多様性のうち、投射神経回路の違いと環境依存的な信号モードの変化に着目し、価値に基づく行動選択、意思決定との関連を調べました。大規模な単一細胞活動記録法、イ

メージング法、光遺伝学を組み合わせた研究技術を、試行錯誤を通して運動や行動を柔軟に変化させる自由行動中の動物に適用し、異なる脳領域へと伝達されるドーパミン信号をさまざまな時間・空間のスケールで計測しました。その結果、投射先別のドーパミン予測誤差信号は、その性質に違いがあることがわかりました。また、環境に適応する過程において、ドーパミン信号は多様な時間スケールで修飾されていることがわかりました。ドーパミン神経系は、投射先別の異なる学習信号を伝達し、信号モードを柔軟に修飾させるメカニズムを通して、環境に適した行動や運動の出力に効果的に関与している可能性が考えられます。



図左 投射先別のドーパミン信号を高時間分解能・単一細胞レベルで計測する技術の概要。中脳にあるドーパミン神経起始核から電気生理学的手法を用いて単一ニューロン活動を大規模に同時計測する。ドーパミン神経細胞を光感受性陽イオンチャンネルであるチャンネルロドプシンで特異的に標識する。ドーパミン神経細胞の投射先と起始核に刺入された極細の光ファイバーを通して、ドーパミン神経細胞の軸索あるいは細胞体に直接光を照射することで、チャンネルロドプシン陽性のドーパミン神経細胞に活動電位を人為的に引き起こす。この活動電位の特徴を解析することで、大規模に同時計測されたニューロンのうちのどれがドーパミン神経細胞種で、どの脳領域に投射しているのか、同定することができる。この技術を認知行動課題中の動物に適用して、課題中の投射先別ドーパミン信号を高時間分解能で計測した。

図右 ドーパミン神経細胞は投射先別の異なる学習信号を伝達している可能性が考えられる。ドーパミン信号のこのような多様性は、適切な行動や運動の決定において、別の脳領域にある異なる学習システムの個別最適化に都合が良いと考えられる。

主な研究業績：

- 1) Matsumoto H, Mizuseki K (2021). Projection-specific roles of midbrain dopamine neurons in reward-based decisions. The 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience (Neuroscience 2021)
- 2) Tsutsui-Kimura I, Matsumoto H, Akiti K, Yamada MM, Uchida N, Watabe-Uchida M (2020). Distinct temporal difference error signals in dopamine axons in three regions of the striatum in a decision-making task. *Elife* 9, e62390
<https://elifesciences.org/articles/62390>
- 3) 松本英之、内田光子、内田直滋 (2020). 「強化学習とドーパミンの多様性」、ブレインサイエンスレビュー 2020 (論文集)、77-101、クバプロ

前頭前野における情報の抽象化と演繹的創生の神経メカニズムの研究

研究代表者：坂上 雅道 (玉川大学脳科学研究所 教授)

課題遂行下におけるマカザル第1次視覚野からの微小内視鏡カルシウムイメージング

これまで、マカザルを含む霊長類からの神経活動記録においては、電極を使った電気生理学的な手法が主に用いられてきました。これは、神経細胞が活動する時の電気的な信号変化を捉えるものです。一方で、神経細胞が活動する時には、細胞内部でのイオン濃度の急激な上昇も生じます。このうち、カルシウムイオン濃度の変化を蛍光信号に変換し、多数の神経細胞の活動を同時に可視化する技術が「カルシウムイメージング」です。本研究では、イメージング法として、脳内に微小な筒形のレンズを埋め込み、ミニチュア顕微鏡を使って観察する「微小内視鏡法」を用いました。微小内視鏡法は、脳深部からの神経活動記録や自由行動下における記録に適しているというメリットがあります。微小内視鏡法はこれまで主にマウスなどで用いられてきましたが、技術的なハードルから、霊長類への適用例はほとんどありませんでした。

私たちは、マカザルの第1次視覚野 (V1) をターゲットとして、微小内視鏡法を適用するための方法を開発しました。カルシウムイメージングのためのセンサーを神経細胞に合成させるため、公募班の井上謙一助教 (京都大学) の協力の元、新たに開発された、霊長類で高い感染効率を誇るアデノ随伴性ウイルスベクター 2.1 型 (AAV2.1) を用いました。3頭のサルに対して、両側 V1 へのウイルスの注入後、GRINレンズの留置と固定を行いました。サルは、イメージング記録中、視野周辺に特定の傾きをもった視覚刺激が一瞬呈示される、簡単な注視課題を行いました。

実験の結果、2頭のサルの3つの大脳半球から、視覚刺激に対して応答を示す多数の神経細胞を観察することができました (図1)。これらの映像から神経細胞を検出し、そのデータを用いて解析を行ったところ、観察された神経細胞から V1 細胞がもつ受容野特性や傾き選択性といった特徴が確認できました。また、サルが見ている視覚刺激の傾きを機械学習の方法を使って解読する (デコーディングすること) や、異なる日に得られたデータを使った細胞追跡にも成功しました。以上の結果は、微小内視鏡カルシウムイメージング法がマカザルなどの霊長類においても有効な観察法として利用可能であることを実証するものであり、微小内視鏡法を用いた他の脳領域における局所的な神経回路のダイナミクスの解析へも通ずるものです。¹⁾

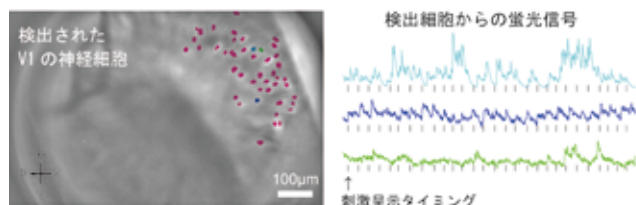


図1 マカ V1 からの微小内視鏡カルシウムイメージング

化学遺伝学2重遺伝子導入法を用いたマカ前頭前野 - 線条体経路の機能解明

私たちの脳が果たすさまざまな機能は、膨大な数の神経細胞によって織りなされる複雑な神経ネットワークを通じて実現されています。神経回路と脳機能との複雑な関係を解きほぐすためには、特定の神経回路に対してのみ影響を及ぼす選択的な手法が必要となります。ところが、これまでの電気刺激や薬物注入を用いた操作は、介入部位を通るさまざまな神経回路に対して無差別的に作用するものでした。近年、遺伝子工学的な技術の進展により、経路選択性をもった介入手法がげっ歯類での研究を中心に盛んになってきています。しかし、よりヒトとの近縁性の高い霊長類ではまだ十分に適用が進んでいません。

本研究では、特殊な薬剤 (CNO) を投与することによって特定の経路を担う神経細胞のみを操作することを可能とする「化学遺伝学2重遺伝子導入法」という手法を用い、マカザルの外側前頭前野 (LPFC) から線条体尾状核 (CdN) へ投射する経路を制御することでその機能を調べました (図2左)。このLPFC-CdN経路は、意思決定において重要な役割を果たすと考えられており、ヒトのイメージング研究などによって「抑制コントロール機能」や「ワーキングメモリー機能」との関連が示唆されてきました。しかし、この経路を対象とした、経路選択的な操作を用いた因果的なレベルでの解明はこれまで手つかずの状態でした。

実験では、2頭のサルのLPFC-CdN経路に対してこの化学遺伝学2重遺伝子導入法を用いました。これらのサルには、あらかじめ、抑制コントロールとワーキングメモリーへの影響を同時に検証可能な課題として、報酬が非対称的に配分されるサッケード遅延反応課題を訓練しました。課題遂行下のサルにCNOを投与したところ、コントロール条件と比べ、投与後に連続でエラーをおかす頻度が増え、最後まで課題を完遂できないセッションの比率が大きくなりました。また、サルが報酬を得るために行う眼球運動では、潜時が短くなるなど衝動性の亢進を示す結果が得られました。また、記録した局所場電位の解析からは、CNO投与下で課題に関連する神経活動が減弱化することが確認できました (図2右)。これらの結果はLPFC-CdN経路の制御が抑制コントロール機能の低下をもたらすことを示唆しています。この成果は、霊長類を用いたより精密な神経回路研究への歩みを前進させるものであり、当該経路との関係が指摘されているさまざまな精神疾患の病態解明や新規治療法の開発へも結びつくことが期待されます。²⁾

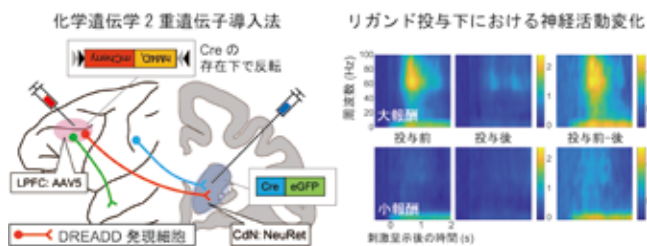


図2 マカ前頭前野 - 線条体経路の化学遺伝学による選択的操作

主な研究業績：

- 1) Oguchi, M. et al. (2021). Microendoscopic calcium imaging of the primary visual cortex of behaving macaques. *Scientific reports*, 11(1), 17021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96532-z>
- 2) Oguchi, M. et al. (2021). Chemogenetic inactivation reveals the inhibitory control function of the prefronto-striatal pathway in the macaque brain. *Communications biology*, 4(1), 1088. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02623-y>

精神疾患における思考の障害の神経基盤の解明と支援法の開発

研究代表者：高橋 英彦 (東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 精神行動医学 教授)

統合失調症は、妄想や支離滅裂な言動などの思考障害を特徴とする精神疾患です。20世紀初頭にE. Bleulerによってその疾患概念が確立されて以来、思考障害は概念間の意味連関の異常、すなわち「連合弛緩」に起因すると考えられてきました。「連合弛緩」は現代においても重要な精神病理ですが、その病態生理はこれまで未解明でした。

本研究では、統合失調症患者の脳活動において概念間の意味連関がどのように表象されるかを評価するために、fMRIを用いて意味表象の大規模ネットワーク(脳内意味ネットワーク)の構造的特徴を調べました。まず、エンコーディングモデルを用いて、動画を見たときの脳活動から患者の脳内における様々な意味表象を定量化しました。続いて、これらの意味表象の類似性によって脳内意味ネットワークを構築し、グラフ理論に基づくネットワーク解析を行いました。

その結果、スモールワールド性は、統合失調症患者の脳内意味ネットワークにおいて、健常者の脳内意味ネットワークや自然言語ネットワークよりも有意に低下しており、妄想の重症度と負の相関が認められました。また、患者の意味ネットワークは、健常者よりも明確にカテゴリーに区分されていましたが、各カテゴリーの内部構造はランダム化していました。これらの結果は、統合失調症の脳内意味ネットワークにおける局所クラスタリング異常と意味連関の侵入性変化を示唆します。本研究は、統合失調症における脳内意味ネットワークのランダム化、すなわち脳における「連合弛緩」の様相を、初めて直接的に明らかにしたものです。これらの知見は、精神疾患患者の内的体験へのアプローチを可能にするだけでなく、認知神経科学、神経画像、自然言語処理など多岐にわたる領域において、脳内の知識体系の理解に貢献することが期待されます。

統合失調症の根本的な病態を解明するには、脳における情報処理の素過程と考えられる、局所回路での計算に注目し、その異常を明らかにする必要がありますと考えています。局所回路での計算とは、たとえば、視覚で言えば、V1でのエッジ検出などのことです。しかし、局所回路での処理をとらえるには、個々のニューロン(あるいは少数のニューロンの集合)の活動をとらえる必要があると考えられますが、人間においては、直接電極でニューロンの活動を調べることは通常はできません。fMRIは、侵襲が少なく貴重なものと考えられますが、局所回路の計算過程を知るには空間解像度が障壁となります。そこで、最近開発された方式を用い、fMRIデータからmultivariateに情報を得ることによって、fMRI信号と、情報処理過程を模したニューラルネットワークモデル(私たちが用いたのは、視覚における、AlexNet)の活動を対応づけ、それを利用して、局所回路の計算異常を検出する実験を計画しました。統合失調症の患者群とコントロール群に、まずは、750枚の自然画像を見せ、その時の脳活動をfMRIで記録し、これらのトレーニングデータを用いて、fMRI信号をAlexNetの活動に翻訳できる、デコーダーを作りました。次に、2群の被験者に、ぼやけた画像を見せ、先ほどのデコーダーを使って、その時のfMRI信号から情報処理過程で不完全な情報がどのように補完処理されているのかを知ることを試みたのです。その結果、統合失調症群では、ぼやけた画像の情報処理はコントロール群とは異なったものになっているようであるが、そこから画像の補完がコントロール群よりも大きくなされ、情報が同程度に復元されているようであることがわかりました。現在、統合失調症の局所回路における計算異常に示唆をもたらすべく、統合失調症群でぼやけた画像の処理がどのようになされているのかを解析中です。

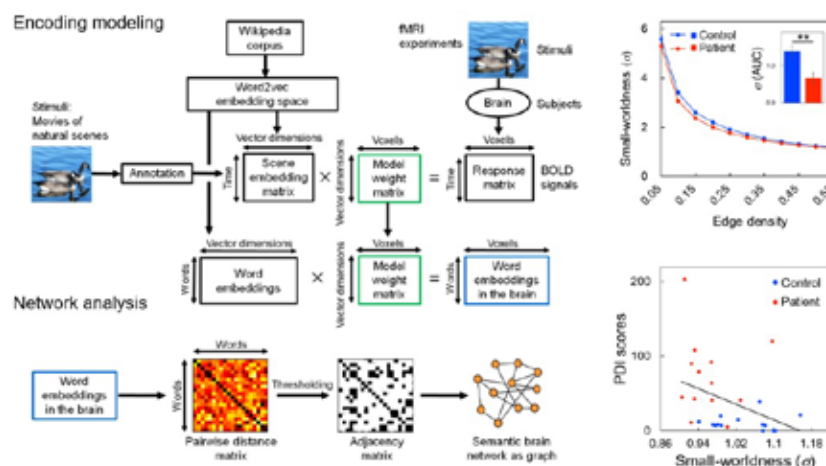


図1 実験手順と、脳内意味ネットワーク指標及び妄想指標との相関

主な研究業績:

- 1) Matsumoto Y, Nishida S, Hayashi R, Son S, Murakami A, Yoshikawa N, Ito H, Oishi N, Masuda N, Murai T, Friston K, Nishimoto S, Takahashi H (2021) Disorganization of semantic brain networks in schizophrenia. submitted.
- 2) Nishida S, Matsumoto Y, Yoshikawa N, Son S, Murakami A, Hayashi R, Nishimoto S, Takahashi H (2020) Reduced intra- and inter-individual diversity of semantic representations in the brains of schizophrenia patients. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.06.03.132928v1>
- 3) Yoshihara Y, Lisi G, Yahata N, Fujino J, Matsumoto Y, Miyata J, Sugihara GI, Urayama SI, Kubota M, Yamashita M, Hashimoto R, Ichikawa N, Cahn W, van Haren NEM, Mori S, Okamoto Y, Kasai K, Kato N, Imamizu H, Kahn RS, Sawa A, Kawato M, Murai T, Morimoto J, Takahashi H. Overlapping but Asymmetrical Relationships Between Schizophrenia and Autism Revealed by Brain Connectivity. Schizophr Bull. 2020 Apr 17;46(5):1210-8.

感覚運動と言語をつなぐ二重分節解析の脳内計算過程の理解と応用

研究代表者：谷口 忠大 (立命館大学 情報理工学部 教授)

人間の hochi 認知機能を代表するのが言語です。その一方で感覚運動情報はその多くが無意識的に処理され、実行され、低次認知機能を担います。人工知能の歴史を紐解くと hochi 認知機能に関わる言語を記号的に書き下しトップダウンに与えることで知能を作ろうとした時代がありました。一方で近年の深層学習のような脳に学んだアプローチは感覚運動情報を直接ニューラルネットワークに処理させることで、知的な機能を実現しています。この言語的な表現と、感覚運動情報を繋ぐことは人工知能の大きな問題となります。本研究ではその「界面」に注目しました。つまり言語において感覚運動情報を表象する最小単位である単語（語彙）を形成する脳機能に注目しました。それが二重分節解析の脳内計算過程です。

二重分節構造は人間の音声言語には音声信号が音素に分節化され、また、これが単語へと分節化されるという二段階の分節構造を指し、人間の言語に特有の構造と言われます。この事実は人間の脳が二重分節構造を解析することに秀でた計算能力を持っていることを示唆しています。この脳機能に注目し、その脳内表現を探求するとともに、マルチモーダルな感覚運動情報統合の中で言葉が意味を持つプロセスを構成する計算論モデルを研究しました。

研究は (A) 二重分節解析と動的カテゴリ形成の脳内計算過程を表現する内部モデル計算論の構築、(B) 二重分節解析と動的カテゴリ形成の脳内計算過程の解明、(C) 自律的な言語獲得・運動学習を実現

するロボットの創造の三つの副項目により構成されました。

主たる研究成果の一つは文献¹⁾に示した場所概念学習と二重分節構造に着目した語彙獲得を同時に進める確率的生成モデルであり、この手法 SpCoSLAM++ を用いることで、ロボットは事前に辞書を持つことなく、環境と人間との相互作用を通して、語彙を発見し、それを活動空間の位置情報と関連付けることが出来ます (図1)。後にさらに議論を海馬系との関係について発展させることもできました。

また運動学習に関しては文献²⁾において模倣学習と強化学習を確率的生成モデルの観点から融合する研究を行いました。これらの研究を通して、明らかになってきたのは複数の確率的生成モデルを結合し、同時学習させることが、様々なマルチモーダル感覚運動統合や言語と感覚運動情報の関連付けのために重要だということです。これはまさに人間の脳において様々な領域が相互結合しながら学習を進めることに対応します。

そこで文献³⁾では領域内連携 (A01 松尾グループ) により深層生成モデルを含んだ確率的生成モデルを統合し、統合的な認知システムを作るための Neuro-SERKET というフレームワークを開発しました (図2)。この研究はさらに全脳確率的生成モデル (Whole Brain-Probabilistic Generative Model: WB-PGM) というアイデアに発展しました。領域終了後もその研究成果は発展的に展開していく予定です。

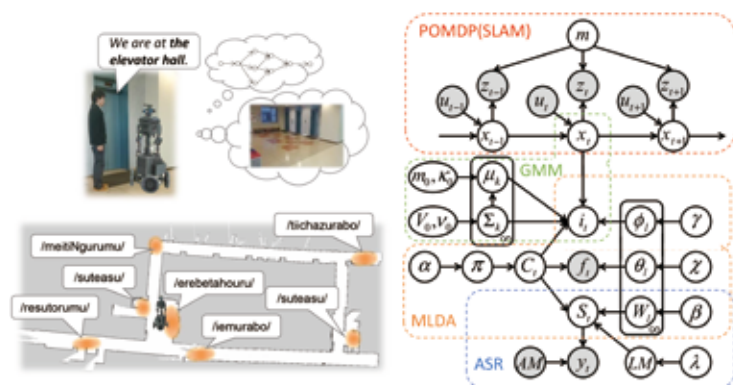


図1 SpCoSLAM++ のグラフィカルモデルと語彙獲得の様子

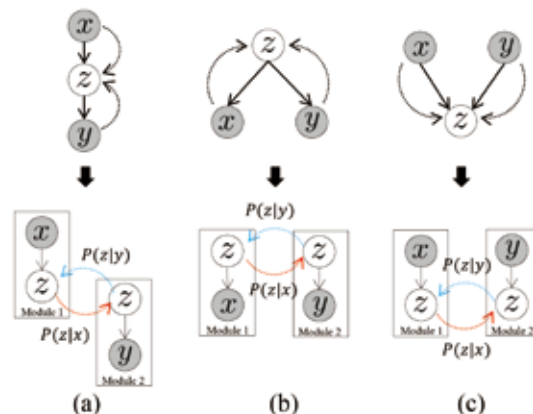


図2 確率的生成モデルを分解しつつ、推論を分散的に行う Neuro-SERKET

主な研究業績：

- 1) Taniguchi A, Taniguchi T, Inamura T (2017). Unsupervised Spatial Lexical Acquisition by Updating a Language Model with Place Clues, Robotics and Autonomous Systems, 99, 166-180. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2017.10.013>
- 2) Kinose A, Taniguchi T (2020). Integration of imitation learning using GAIL and reinforcement learning using task-achievement rewards via probabilistic graphical model, Advanced Robotics, 34(16),1055-1067. <https://doi.org/10.1080/01691864.2020.1778521>
- 3) Taniguchi T, Nakamura T, Suzuki M, Kuniyasu R, Hayashi K, Taniguchi A, Horii T, Nagai T (2020). Neuro-SERKET: Development of Integrative Cognitive System through the Composition of Deep Probabilistic Generative Models, New Generation Computing, 84. <https://doi.org/10.1007/s00354-019-00084-w>

脳内他者を生かす意思決定の脳計算プリミティブの解明

研究代表者：中原 裕之（理化学研究所 脳神経科学研究センター 学習理論・社会脳研究チーム）

私たちの意思決定は、主には自分自身への利益（報酬）に基づいて決定されると考えられています。その一方で、社会的場面では他者を勘案した意思決定が多く、他者に関する脳内表現の研究も広く行われてきました。その中で、本研究では脳内に表現された他者情報が意思決定プロセスでどのような計算として統合されるのかを研究しました。ここでは、他者への報酬を意思決定に統合する脳計算を解明した成果を述べます。この脳計算は未解明のことが多く、その神経メカニズムは私たち人間の社会性を理解する上で極めて重要であると考えられます。

研究はヒトfMRI実験を計算モデル化解析と組み合わせることで進めました。実験課題は2つの選択肢から一つを選ぶ課題で、それぞれの選択肢には確率的に自己報酬が与えられます。さらには、時折、他者に与えられるボーナス報酬または自己が得られるボーナス報酬が追加されます。この課題設定で計算モデルを適用した解析により、自己報酬に基づく意思決定の脳計算が他者ボーナスによる修飾を受けるプロセスを明らかにしました。

他者ボーナスの提示には、左背外側前頭前野（left dlPFC）に加えて右側頭頂頂接合部（right TPJ）にも脳活動がありました。この左背外側前頭前野は、自己ボーナスの提示でも脳活動がありました。これらは、自己ボーナスと他者ボーナスの間には共通の処理と、さらに他者ボーナスに特有な処理があることを示しています。そして、他者ボーナスの行動選択への影響の大きさは右前島皮質（right AI）の活動が対応し、最終選択に関わる主観的価値は内側前頭前野（mPFC）の活動が対応することを発見しました。その上で、これらの脳活動の関係を調べるコネクティビティ分析を行い、その結果、他者ボーナスについて右側頭頂頂接合部（right TPJ）と左背外側前頭前野（left dlPFC）→右前島皮質（right AI）→内側前頭前野（mPFC）の3段階の脳活動のカスケードがある脳回路を同定しました（図の赤矢印）。一方、自己ボーナスでは、右前島皮質（right AI）を経由せずに、左背外側前頭前野（left dlPFC）→内側前頭前野（mPFC）への直接のカスケードがあることが分かりました（図1 緑矢印）。これらの結果は、他者

の報酬を意思決定に統合するときには、特有の脳回路が働くことを、特に右前島皮質（right AI）が他者の報酬を選択に勘案するための処理を担っていることを示しています。私たちはこの脳回路の特性がさまざまな社会行動の個人差の基盤になっていると推測しています。実際に、社会的価値志向性テストにより、向社会的な人と個人主義的な人に分けただけで、上述の脳活動をさらに詳しく解析すると、向社会的な人と個人主義的な人の中で、異なる脳活動の特性があることも分かりました。このことは、今回発見した回路が、複雑な社会行動の個人差の根底にある可能性を示しています。

本研究の成果により、私たちの社会行動のもとになる神経基盤の一つが特定されました。さらに、この回路の働き方の違いが社会行動の個人差にも関わることが明らかになりました。今後、この神経基盤が他のどのような社会行動の違いに関わるのかなどが定量的に明らかにされていくことが期待されます。

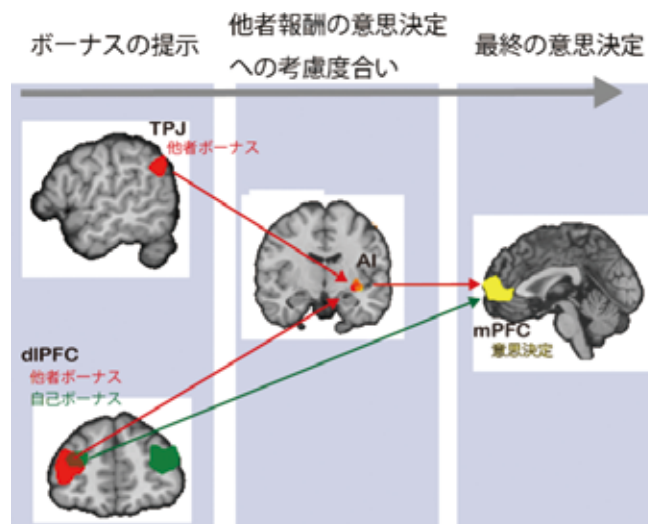


図1 他者の報酬を考慮した意思決定を行うための脳回路

主な研究業績：

- 1) Fukuda H, Ma N, et al. (2019) Computing Social Value Conversion in the Human Brain. *Journal of Neuroscience*, 39 (26), 5153-5172.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3117-18.2019>

予測符号化モデルと自律推論する脳機構との照合

研究代表者：小村 豊（京都大学大学院 人間・環境学研究科 教授）

意思決定は、現在の情報から未来の状況を予測し、複数の選択肢からベストを推論する機能ですが、その過程には、確信度が伴っています。では意思決定と確信度は、同じ認知ソースから生成されているのでしょうか。この問いを明らかにするために、本研究では、動物に wagering 課題を課して、意思決定における判断バイアスと精度の変動にともなって、確信度が、どのように変化するかを、実験データと数理モデルの両面から、検証しました。数理モデルとしては、判断バイアスに即した事前確率を組み込んだ状態で、確信度を計算する現実モデルと、常に中立な事前確率で確信度を計算する反実仮想モデルを用意し、判断バイアスと精度をシミュレートしたところ、反実仮想モデルのみが、実験で得られた wagering データを説明できることが分かりました。この結果は、意思決定と確信度は、少なくとも部分的には異なる認知ソースから生成されていることを示しています。新学術領域で得られた知見を踏まえて、現在は、メタ学習の実態の解明にとりこんでいます。

また自由エネルギー原理の枠組みの中で、実験データを再考することで、確信度に基づく予測推論の機能的意義について、新たな解釈を加える目途がたってきました。

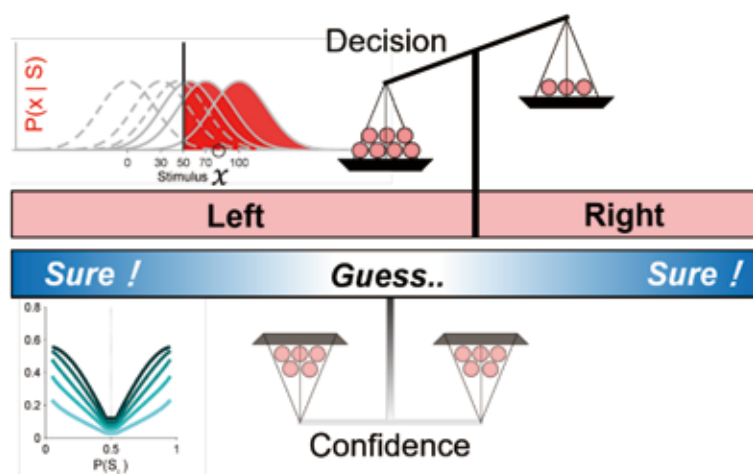


図 予測推論における反実仮想モデル

主な研究業績：

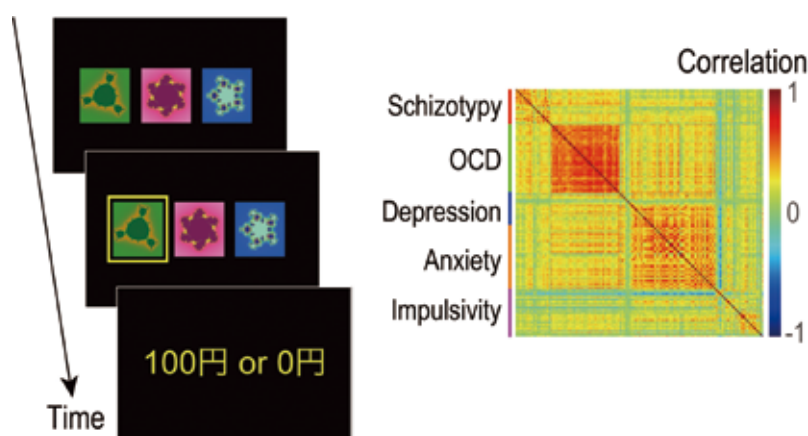
- 1) 知念浩司, 三澤魁旺, 小村豊 (2019). Predictive brains generate our perceptual worlds. 臨床精神医学 48(12) 1399-1402
- 2) 藤本蒼, 野口真生, 小村豊 (2018). メタ認知からみた意識の生物学. 人工知能学会誌 33 (4) 468-471

構造学習の脳計算モデル：脳イメージング実験と大規模 WEB 調査による検証

研究代表者：鈴木 真介 (Department of Finance, Faculty of Business and Economics, The University of Melbourne, Associate Professor)

「たくさんの報酬を得る、手に入れた報酬はできるだけ失わない」ための意思決定は我々ヒトの生存に重要な役割を果たします。近年の脳科学の進歩により、これらの意思決定過程は機械学習アルゴリズムの一種である「強化学習」で記述できることが明らかになっています。また、意思決定の障害は抑うつ、不安障害、強迫性障害、統合失調症など様々な精神疾患と関連している可能性が示唆されています。しかしながら、精神疾患関連の症状は相互に複雑に絡み合っているため、「どの疾患・症状が意思決定の障害と関連しているのか?」、「その症状は意思決定のどの過程に影響を与えているのか?」はいまだ不明です。

我々の研究チームは、2000人規模の被験者が参加するオンライン実験を実施し、この問いに取り組みました。その結果、(1) 精神疾患症状はお互いに関連し合っているが、「強迫行為や侵入思考」、「不安や抑うつ」、「その他」といったクラスタに分けられる；(2) その中で「強迫行為や侵入思考」に関連する症状が「報酬や損失からの学習（強化学習モデルの学習率）」を阻害し「同じ行動を繰り返す傾向」を強める、ことを明らかにしました。これらの知見は、人工知能や脳科学の成果を精神疾患の理解に役立てる「計算論的精神医学」の発展に寄与すると考えられます。



図左 オンライン実験における意思決定課題。被験者は図形の選択を繰り返し行い、選んだ図形に応じて確率的に報酬を得る。

図右 精神疾患に関する質問紙データ。各種症状間の相関係数を示している。

主な研究業績：

- 1) Suzuki S, Yamashita Y, Katahira K (2021). Psychiatric symptoms influence reward-seeking and loss-avoidance decision-making through common and distinct computational processes. *Psychiatry and clinical neurosciences*, 75, 277-285.
<https://doi.org/10.1111/pcn.13279>

社会的身体表現による個体間相互作用の生成モデル開発

研究代表者：三村 喬生（量子科学技術研究開発機構 脳機能イメージング研究部 研究員）

ヒトや動物は、自らの意志や意図に応じて姿勢や動作のパターンを柔軟に変化させることが知れています。この機能は社会的相互作用において行動表現系を調整する中心的な役割を担うと考えられますが、既存の解析手段では観察に基づく特徴行動（エソグラム）の分類に限られてきました。機械学習を用いることで、観察では分類が難しい微妙な行動表現のパターンを分離・抽出できる可能性があります。

この研究アプローチの実証実験のために、小型霊長類コモン・マモセットを用いました。この動物は、ヒトと比較可能な神経構造・機能を有し、また高度な社会性認識（公平性や互惠性）を持ちます。マモセットの行動を死傷なく詳細に記録するために円柱型のケージを用意し、4台の深度カメラをその周囲を囲むように設置しました。合計1020秒間のマモセットの自由行動の録画データから、モーショントラッキングにより身体の部位と顔の向きの空間座標を算出しました。これらの行動情報に含まれる動作の基本単位を、特殊なノンパラメトリックベイズモデル（HDP-GP-HSMM）により分離・抽出しました（図1）。結果、テスト環境におけるマモセットの自由運動は3.5秒間の長さの18種類の基本単位に分解できることが示されました。特に、データに含まれる摂餌のタイミングに着目したところ、その前後を含めた3つの行動単位配列が個体を超えて保存された特異的な傾向を持つことが明らかとなりました。従って、この人工知能技術は、動物が「誰で」「どこか」に依らず「何」をしていたのかを、観察者の主観に依らず、データ駆動に推定することに成功しました¹⁾。この行動解析技術を用いることで、典型的な行動とそこから逸脱性を高感度に評価できると期待できます。

そこで、神経科学的介入による社会性機能障害モデル動物を作成し、どのような神経機能がどのような社会性行動表現に寄与しているかを調べ

る試みを進めています。これまで2種類の技術を使ったモデル動物の作出に成功しています。1つめは、自閉症におけるリスク要因として知られる胎生期の抗てんかん薬（バルプロ酸）暴露をマモセットで再現したモデル動物です（図2）。この動物において高解像度拡散テンソル画像法と自動輪郭抽出アルゴリズムにより脳構造を詳細に検討した結果、左右の脳半球を接続する神経繊維の1種（前交連）の減弱などの神経発達上のリスクが見出されました²⁾。現在、行動表現型の解析を進め、家族内での音声コミュニケーションを自然言語処理的アプローチで解析することにより有意な異常をみとめています（発表準備中）。2つめの技術は化学遺伝学です（図3）。これは人工神経受容体（DREADD）を脳の局所の神経細胞にウィルスベクター法で強制的に発現させる手法です。このDREADDに特異的に結合する薬剤を動物に投与することで、一過的に神経細胞の抑制や過興奮を引き起こすことができます。この手法は齧歯類で開発されましたが、我々のチームはMRI、PET、CTなど多様な脳イメージング技術を駆使することで霊長類への応用を進め、マモセットにおいて世界初となる化学遺伝学の成功事例を報告しました³⁾。更に、社会性を司る神経核の1つである扁桃体にDREADDを発現させることで、薬剤投与後の数時間に限った神経活動の抑制に成功しました。

人工知能技術と神経科学的手法を組み合わせた本研究により、これまで解析が困難だった個体間の複雑な社会的相互作用を定量的に評価する手法と、社会性脳機能の病態モデルを作成する手法の2つが確立しました。これら技術は、複雑な社会性相互作用において神経機能の障害が及ぼす影響を詳細に解析する手段を提供することで、社会性障害の病態の把握や診断の支援において基盤的成果となると期待されます。

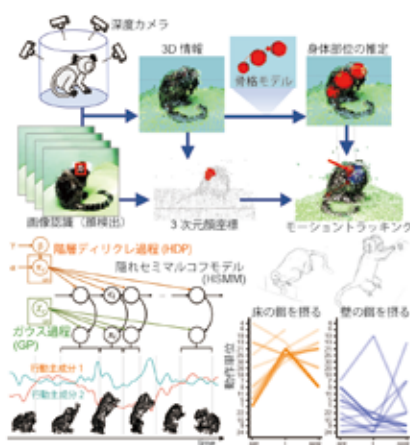


図1 ノンパラメトリックベイズモデル（HDP-GP-HSMM）による行動分節化

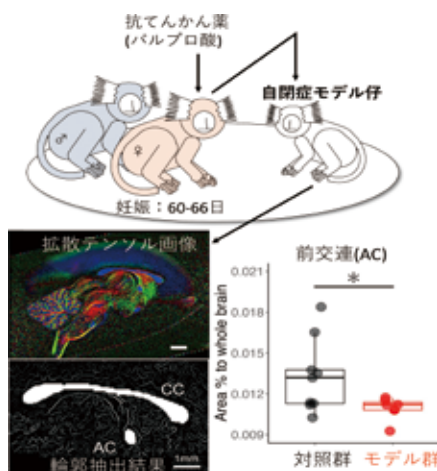


図2 抗てんかん薬（バルプロ酸）の胎生期暴露による自閉症マモセット

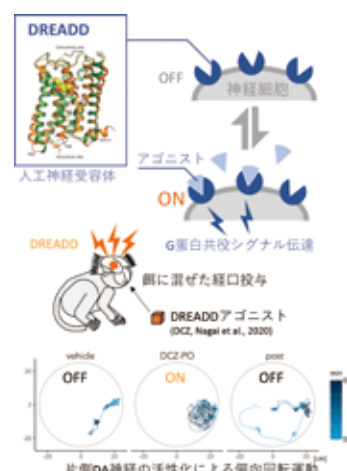


図3 化学遺伝学による神経操作

主な研究業績：

- 1) Mimura K (2021) Unsupervised temporal segmentation of marmoset goal-directed behavior, 10th International Symposium on Biology of Decision-Making, Paris, France
- 2) Mimura K, Oga T, Sasaki T, Nakagaki K, Sato C, Sumida K, Hoshino K, Saito K, Miyawaki I, Suhara T, Aoki I, Minamimoto T, Ichinohe N (2019). Abnormal axon guidance signals and reduced interhemispheric connection via anterior commissure in neonates of marmoset ASD model, *NeuroImage*, 195, 243-251.
- 3) Mimura K, Nagai Y, Inoue K, Matsumoto J, Hori Y, Sato C, Kimura K, Okauchi T, Hirabayashi T, Nishijo H, Yahata N, Takada M, Suhara T, Higuchi M, Minamimoto T (2021) Chemogenetic activation of nigrostriatal dopamine neurons in freely moving common marmosets, *iScience*, 24, 103066

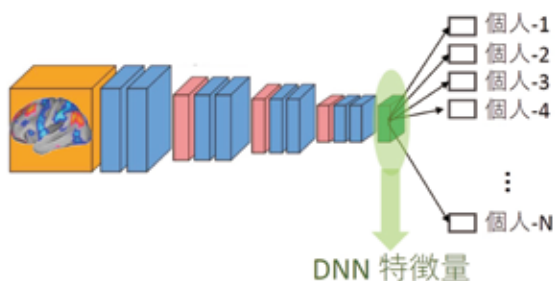
深層学習を用いた安静時機能的MRIからの汎用特徴量抽出

研究代表者：山下 祐一（国立精神・神経医療研究センター 室長）

本研究課題では、高解像度MRIデータから階層性・非線形性を伴いながら、自己組織的特徴量抽出が可能な深層ニューラルネットワーク（deep neural networks: DNN）を用いて、脳構造・活動の個人特徴や認知的特性を反映しうる汎用特徴量を抽出する方法の確立を目的としました。開発した汎用特徴量抽出技術を、精神疾患のデータに適用することで、MRIデータから患者個々人の診断・疾患予後・治療反応性予測などを総合的に評価する、精神疾患の評価法のための基盤技術の開発を試みました。具体的には、畳み込みネットワーク（CNN）を用いることで、階層性・非線形性を伴いながら、超高次元3D脳構造画像を0.67%の次元数（15万次元から約1000次元）まで圧縮し、高い精度で再構成することに成功しました¹⁾。続いて、開発した高解像度（voxel-based）のMRIデータをDNNで解析する技術を安静時機能的MRI（rsfMRI）に適用することで、脳活動の個人特徴や認知的特性を反映しうる汎用特徴量抽出技術の開発を試みました。開発したCNNに、rsfMRI

の各フレーム（一般的なrsfMRIは10-15分間の撮像時間に対して100-200フレームのMRI画像で構成される）のオリジナル画像（約15万次元）を入力し、出力として“入力画像が誰のものであるか”という個人識別をするよう学習を行いました（図A）。結果として、学習では経験していない未知のサンプル被験者の脳活動（つまり複数のフレーム画像で構成されるrsfMRI画像）を、一人の個人に由来すると認識した上で、学習で経験した人の特徴の組み合わせとして表現できることが確認されました。続いて、開発した個人識別CNNによって抽出した特徴量を用いて、精神疾患（統合失調症）の診断予測を行ったところ、従来の機能的結合解析に基づく特徴量と同等以上の有効性を持つことが確認できました（図B²⁾。本研究で開発した汎用特徴量抽出技術を、統合失調症以外の幅広い精神疾患を対象として適用することで、rsfMRIデータから患者個々人の診断・疾患予後・治療反応性予測などを総合的に評価する、精神疾患の評価法開発に役立つ可能性が期待されます。

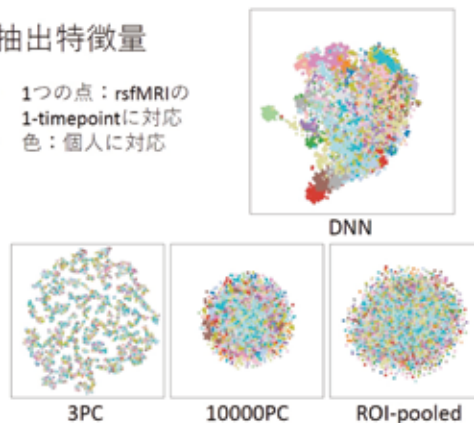
A. 個人識別CNN



図A rsfMRIの1フレームからそれが誰の脳画像かを識別する3次元畳み込みネットワーク（個人識別CNN）の模式図。出力層の直前のユニットの活性化値を入力から抽出した特徴量として扱う。

B. 抽出特徴量

- 1つの点：rsfMRIの1-timepointに対応
- 色：個人に対応



図B 抽出特徴量を2次元に圧縮しプロットしたもの。各点がrsfMRIの1フレームに対応し、各点の色は個人に対応する。他の手法と比べて、DNNにより抽出した特徴量は個人ごとにクラスターを形成し、未知のrsfMRIデータから個人の脳活動に対応する特徴量を抽出できていることがわかる。

主な研究業績：

- 1) Yamaguchi H, Hashimoto Y, Sugihara G, Miyata J, Murai T, Takahashi H, Honda M, Hishimoto A, Yamashita Y (2021) Three-dimensional convolutional autoencoder extracts features of structural brain images with a diagnostic label-free approach: Application to schizophrenia datasets. *Front. Neurosci.* 15:652987. doi: 10.3389/fnins.2021.652987
- 2) Hashimoto Y, Ogata Y, Honda M, Yamashita Y (2021) Deep Feature Extraction for Resting-State Functional MRI by Self-Supervised Learning and Application to Schizophrenia Diagnosis. *Front. Neurosci.* 15:696853. doi: 10.3389/fnins.2021.696853

自然言語処理と神経生理計測を融合した言語の神経計算モデルの構築と検証

研究代表者：大関 洋平（東京大学 大学院総合文化研究科 講師）

本研究では、記号的生成モデルおよび深層ニューラルネットワークに基づく神経計算モデルを構築し、脳情報処理データで検証することで、自然言語の計算システムを解明することを目的としています。新型コロナウイルス感染症の影響により、脳磁場および皮質脳波による新規の脳情報処理データこそ完成しませんでした。しかし、眼球運動による既存の認知処理データを用いて、記号的生成モデルと再帰的ニューラルネットワークを融合した深層生成モデルである再帰的ニューラルネットワーク文法 (Recurrent Neural Network Grammar) が、純粋な再帰的ニューラルネットワークと比べて人間らしいことを示し、更に並列処理による高速化を実現しました。また、アテンション機構を

備えた大規模な深層ニューラルネットワークであるトランスフォーマー (Transformer) が、工学的には世界最高性能を達成しているにもかかわらず、強力すぎる作業記憶を持つため人間らしくないことを示し、加えて記号的生成モデルとトランスフォーマーを融合した深層生成モデルであるトランスフォーマー文法 (Transformer Grammar) を開発しています。以上の研究成果は、自然言語処理のトップカンファレンスであるACLおよびEMNLPにて、3本の論文として発表・出版しています。

なお、本研究課題は、JST さきがけ「信頼されるAIの基盤技術」領域「認知・脳情報処理による人間らしい言語処理モデルの開発」へと発展しています。

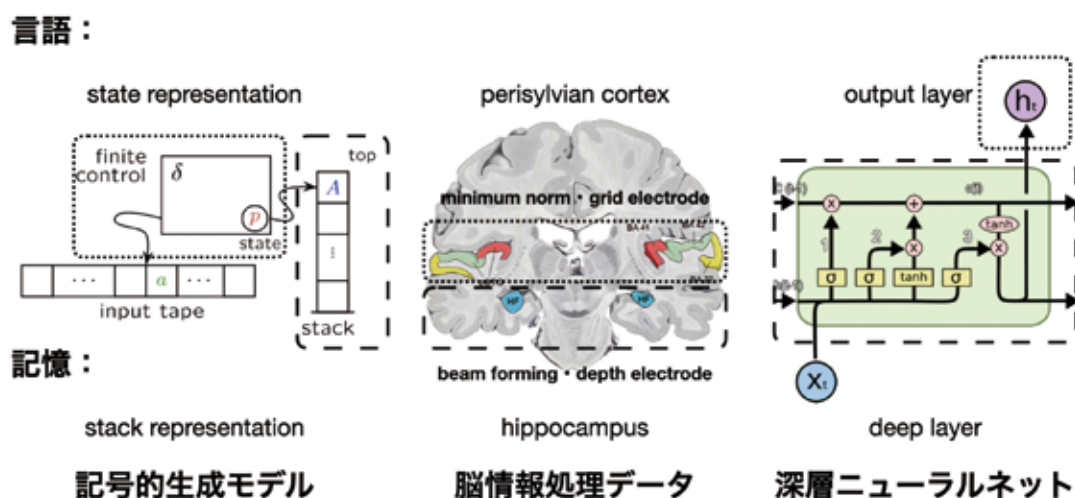


図 神経活動データと神経計算モデルの対照

主な研究業績：

- 1) Yoshida R, Noji H, Oseki Y (2021) Modeling Human Sentence Processing with Left-Corner Recurrent Neural Network Grammars. *Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, 2964-2973.
- 2) Noji H, Oseki Y (2021). Effective Batching for Recurrent Neural Network Grammars. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*, 4340-4352.
- 3) Kuribayashi T, Oseki Y, Ito T, Yoshida R, Asahara M, Inui K (2021). Lower Perplexity is Not Always Human-Like. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*, 5203-5217.

Neural Networks 特集号 : Artificial Intelligence and Brain Science

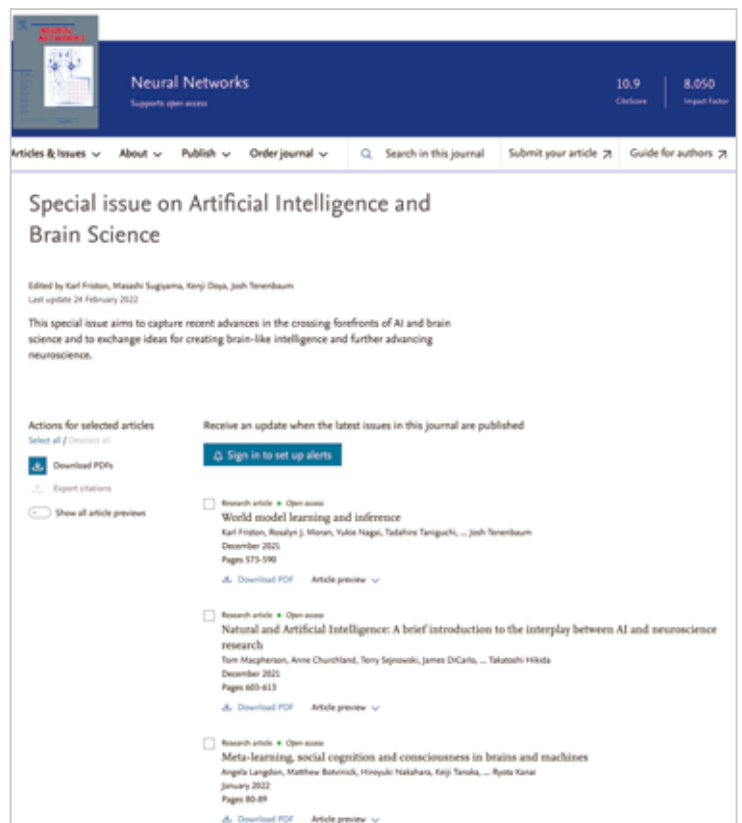
新学術領域「人工知能と脳科学」の主催で2020年10月10～12日にオンライン開催された International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science (<http://www.brain-ai.jp/symposium2020/>)での発表をもとに、国際神経回路学会、日本神経回路学会、欧州神経回路学会の論文誌 Neural Networks (Impact Factor 8.05) の特集号が企画されました。

シンポジウム中およびその後の宣伝により、多数の投稿があり、査読の結果約40本の論文が採択され、Virtual Special Issueとして Elsevier 社の web サイト上に収録されています：

<https://www.sciencedirect.com/journal/neural-networks/special-issue/1017VB2Z2R5>

特集号のコアとなるのは、シンポジウムの各セッションの講演者らの共著による5つの展望論文です。

- Yutaka Matsuo, Yann LeCun, Maneesh Sahani, Doina Precup, David Silver, Masashi Sugiyama, Eiji Uchibe, Jun Morimoto: **Deep learning, reinforcement learning, and world models.**
- Karl Friston, Rosalyn J. Moran, Yukie Nagai, Tadahiro Taniguchi, Hiroaki Gomi, Josh Tenenbaum: **World model learning and inference.**
- Angela Langdon, Matthew Botvinick, Hiroyuki Nakahara, Keiji Tanaka, Masayuki Matsumoto, Ryota Kanai: **Meta-learning, social cognition and consciousness in brains and machines.**
- Tom Macpherson, Anne Churchland, Terry Sejnowski, James DiCarlo, Yukiyasu Kamitani, Hidehiko Takahashi, Takatoshi Hikida: **Natural and artificial intelligence: A brief introduction to the interplay between AI and neuroscience research.**
- Kenji Doya, Arisa Ema, Hiroaki Kitano, Masamichi Sakagami, Stuart Russell: **Social impact and governance of AI and neurotechnologies.**



多彩な講演者による発表の内容をひとつの論文にまとめるのは大変な作業ではありましたが、そのためにシンポジウム後も引き続きオンライン会議やメールにより議論を深めることができたのは大きな収穫でした。人工知能と脳科学の融合研究をリードする研究者らによる成果と構想を集めたこれらの論文が、今後新たな研究を触発することを大いに期待しています。

また一般投稿の論文として、“AI-powered Brain Science” のトピックで約15本、“Brain-inspired AI” のトピックで約20本の論文が収録されています。これらのうち約10本は当領域メンバーや研究協力者によるもので、Perspective論文とあわせて Open Access になっています。

ぜひ Web サイトを訪れダウンロードし、ご一読いただければ幸いです。

(領域代表：銅谷 賢治)

新学術領域研究「人工知能と脳科学」メンバーによる 新研究プロジェクトの紹介

学術変革領域 B「情動情報解読による人文系学問の再構築」

領域代表者：近添 淳一（株式会社アラヤ 脳事業研究開発室 チームリーダー）

心理学・言語学・経済学・美学といった人文系学問では、人間の行動やその記録から、心的プロセスのモデルを作ります。こうしたモデルを考えるにあたって、情動が人間の行動にどのような影響を及ぼすかを理解することが重要ですが、個人が「どのように感じているか」を直接計測することが難しいことから、情動の働きを直接モデルに取り込むことは簡単ではありませんでした。

機能的MRIは、生きた人間の脳活動を計測できる手法で、被曝などの心配のない安全な手法であることが知られています。近年、機械学習を使った解析技術の進歩によって、脳活動から個人の情動状態を推定することが可能になりつつありますが（Chikazoe et al., 2014; Pham et al., 2021）、解析上の技術的ハードルも高く、脳活動から推定した情動状態の情報を取り込んだ言語学・経済学・美学モデルはほとんどありません。

本研究領域においては、機械学習を用いた機能的MRI研究の専門家である近添（アラヤ）が中心となって、自然言語処理の専門家である持橋大地先生（統計数理研究所）とマイクロ経済学の専門家である渡辺安虎先生（東京大学）、および美学研究の専門家である石津智大先生（関西大学）と協力し、情動から言語・経済・芸術を理解するような新しい学問の枠組みを作っていきます。

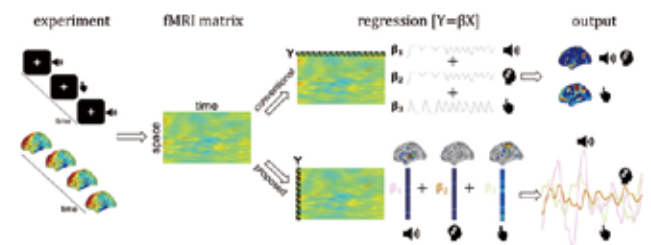


図 情動情報解読のための新規解析手法（小山ら、論文準備中）。情動に関連する脳活動の時系列情報を、情動のテンプレートmapによる回帰で推定する。

学術変革領域研究 A「適応回路センサス」計画研究 「環境に応答した行動変容を司る遺伝子・細胞機能ダイナミクス」

計画研究代表者：小林 和人（福島県立医科大学 生体機能研究部門 教授）

学術変革領域研究（A）「神経回路センサスに基づく適応機能の構築と遷移バイオメカニズム、略称:適応回路センサス、領域代表:磯村宜和 東京医科歯科大学教授」では、ヒトや動物の適応行動を担う神経回路の構築や機能的遷移について、1細胞オミクス、細胞と回路の活動計測と活動操作、行動解析、および数理学を統合し、これまでにない高解像度で理解することを目指します。

我々の計画研究班では、ラットが聴覚刺激のピッチの高低に応じて2つのレバーから報酬に連合した正解レバーを選択する刺激弁別学習を行動モデルとした研究をすすめます。これまでに我々は、この刺激弁別学習の獲得プロセスの初期と後期で、線条体の異なる領域の活動が亢進することを見出しました。そこでまず、時期や脳領域に特異的に発現パターンを変える遺伝子をRNAseq法により探索します。同定された遺伝子の機能を、RNA干渉やゲノム編集技術を用いて解析するとともに、各遺伝子を発現する細胞種のプロファイリングをおこないます（分担研究者・松下夏樹 愛知医科大学准教授）。

その行動的機能を、ウイルスベクターを用いた活動操作により解析します（研究分担者・瀬戸川将 獨協医科大学助教）。一連の検討を通じて、適応行動を担う回路動態の分子・細胞メカニズムを解明したいと考えています。

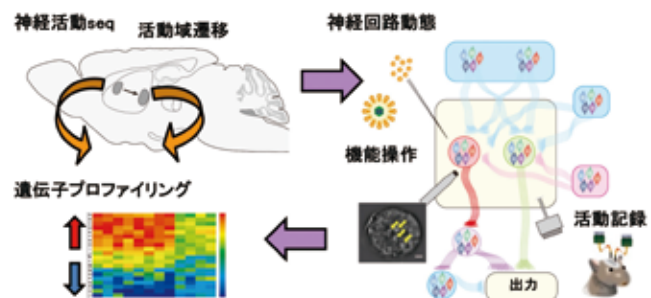


図 変化する環境に適応するための行動の獲得および実行の神経基盤=適応回路センサスを理解するために、大脳基底核を含む神経ネットワークの機能的遷移を司る遺伝子機能・細胞機能・回路動態の解明に挑む。

URL : <https://ac-census.org/>
 (神経回路センサスに基づく適応機能の構築と遷移バイオメカニズム [略称:適応回路センサス] 公式ウェブサイト)

JST CREST 「共生インタラクション」領域 「脳表現空間インタラクション技術の創出」

研究代表者：柳澤 琢史（大阪大学高等共創研究院 教授）

ヒトが画像を見ると、脳内では画像の意味を読み解く処理が行なわれます。そこで、様々な画像をヒトが見ている際の脳活動を調べることで、画像の持つ意味や特徴に対応した脳活動の地図を作ることができます。また、ヒトが同じ画像を心の中で想像することでも、同様の脳活動を得ることができ、脳活動の地図を使って、どのような内容を想像したかを推測することができます。我々は、てんかんなどの治療目的で頭の中に電極を入れた患者さんにご協力いただき、様々な画像を見た際の頭蓋内脳波（皮質脳波）を計測し、詳細な地図を作成しています（図1）。特に、画像の持つ意味や特徴を表すために、AI技術を使うことで脳活動と対応付いた地図を作ることができました。さらに、この地図に基づいて、ヒトが想像した画像を画面に出力する技術を開発しています。この技術はヒトの想像や思考内容に対応した多様な脳活動と外界の多様な意味に応じた計算機内の表現空間とを結びつける新しいインタラクション技術です。本研究領域では、この技術の神経科学的基

盤解明と臨床応用を目指して研究をしています。なお、この研究は新学術人工知能と脳科学での研究課題から発展しました。



図1 CREST 研究のイメージ図
脳内の意味空間と外界の視覚情報空間との間をAIでつなげることで、ヒトと脳内表現空間とのインタラクションを実現する。

プロジェクトHP：

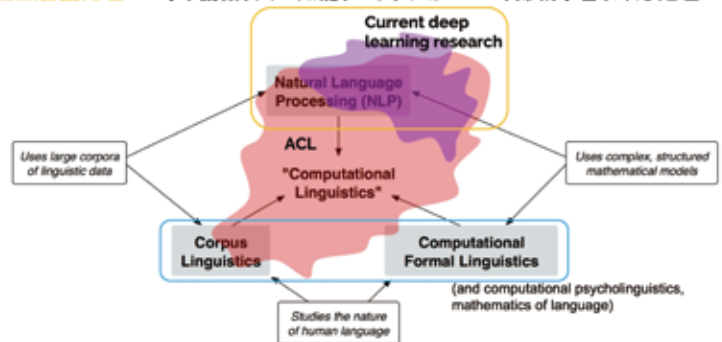
<https://www.med.osaka-u.ac.jp/pub/nsurg/yanagisawa/CREST/>

JST さきがけ 「信頼される AI の基盤技術」領域 「認知・脳情報処理による人間らしい言語処理モデルの開発」

研究代表者：大関 洋平（東京大学 大学院総合文化研究科 講師）

この度、科学技術振興機構 さきがけ「信頼される AI の基盤技術」領域において、研究課題「認知・脳情報処理による人間らしい言語処理モデルの開発」が採択されました。文部科学省 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」領域における研究課題では、自然言語の計算システムを解明するという科学的な目的（工学→科学）を中心に据えていましたが、本研究では、人間らしい言語処理モデルの開発という工学的な目的（科学→工学）に方向性をシフトしています。また、新学術領域研究で成果が得られた認知処理の研究を継承しつつ、新型コロナウイルス感染症の影響により完成しなかった脳情報処理の研究へと展開させたいと考えています。特に、自然知能研究としての言語の認知・脳科学と人工知能研究としての自然言語処理を融合することで、認知・脳情報処理に学んだ、人間らしい言語処理モデルを開発することを目的とします。具体的には、クラウドソーシングと脳機能イメージングで計測される人間の言語処理と、記号的生成モデルと深層ニューラルネットワークで実装される機械の言語処理を対照する過程で、言語処理のリバースエンジニアリングを目指します。

自然言語処理：工学、機械、人工知能、コネクショニズム、帰納学習、即応処理



認知・脳科学：科学、人間、自然知能、シンボリズム、演繹学習、熟考処理

図 言語の認知・脳科学と自然言語処理の融合

イベント情報

共催、協賛、後援、関連イベント

Neuro2022 in 沖縄

日程：2022.6.30-7.3

場所：沖縄コンベンションセンター、宜野湾市立体育館、ラグナガーデンホテル（on-site/online ハイブリッド）

Web: <https://neuro2022.jnss.org>

日本神経科学学会、神経化学会、神経回路学会の合同大会「Neuro2022」が2022年6月30日から7月3にかけて、沖縄コンベンションセンターで開催されます。「人工知能と脳科学」からも領域代表の銅谷賢治が神経科学学会の大会長、計画研究メンバーの谷口忠大が神経回路学会のプログラム委員長としてその企画をリードしています。

神経科学大会が沖縄で開催されるのは初めてで、多くの方々から関心を寄せられています。新型コロナの状況が見通せない中、オンサイト/オンラインのハイブリッド開催を予定していますが、1月に締め切ったアブストラクトは昨年、一昨年に大きく上回る投稿数に達しています。

プレナリー講演には、意思決定の神経回路とマウス全脳の光学活動計測で注目を集めるAnne Churchland博士（UCLA）、神経再生機構の研究で著名なMartin Schwab博士（University of Zurich）、シナプス可塑性のトランスクリプトーム、メタボローム研究をリードするErin M. Schuman博士（Max Planck Institute）を招いています。その他、Brain Prizeなど受賞者による記念講演、特別講演、教育講演、40以上のシンポジウムなど多彩なプログラムを準備しています。事前登録は5月11日まで。ぜひ多くの皆様に沖縄でお目にかかることを楽しみにしております。



The 2nd International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science

2020年にオンライン開催し好評を博した当領域の国際シンポジウム (<http://www.brain-ai.jp/symposium2020/>) の続編を、Neuro2022のサテライトイベントとしてとして以下のとおり開催します。

日程：2022.7.4-5

場所：沖縄科学技術大学院大学 (<https://groups.oist.jp/conference-venues>) (on-site/online ハイブリッド)

招待講演者：Matthew Botvinick (DeepMind), Karl Friston (UCL), Ryota Kanai (ARAYA), Maneesh Sahani (UCL), Terrence Sejnowski (Salk Institute), Masashi Sugiyama (RIKEN AIP), Jun Tani (OIST), Naotsugu Tsuchiya (Monash University), Xiao-Jing Wang (NYU)

Web: <http://www.brain-ai.jp/symposium2022/>

今後さらに講演者を加え、ポスター発表も募集する予定です。今後詳細は領域webサイト (<http://www.brain-ai.jp/>) 他にてアナウンス予定です。ぜひこちらも大勢のご参加をお待ちしております。



発行 / 編集 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」
お問い合わせ 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」事務局
Mail ncus@oist.jp
2022年3月発行

www.brain-ai.jp