

NEWS LETTER



Vol. **2**
2025



Development and validation of a unified theory of prediction and action
Transformative Research Area (A) : unified theory of prediction and action

予測と行動の統一理論の開拓と検証

**NEWS
LETTER**

Vol.2 2025

02	目次
03	巻頭言
04	公募研究課題 Group C (C01&C02)
05	C01 小林 徹也
06	C01 谷 淳
07	C01 小林 泰介
08	C01 森岡 博史
09	C02 木村 梨絵
10	C02 中井 智也
11	C02 長井 淳
12	C02 林 隆介
13	C02 雨森 賢一
14	C02 船水 章大
15	C02 吉田 正俊
16	C02 安部 健太郎
17	C02 梅田 達也
18	C02 宮田 淳
19	C02 小川 正晃
20	C02 平 理一郎
21	イベント情報



川人 光男
ATR脳情報通信総合研究所
所長

ニューズレター巻頭言

本領域「予測と行動の統一理論の開拓と検証」がめざましい成果を挙げていることを心より喜ばしく思います。私は本領域の外部評価委員として2023年に開催された第2回領域会議に参加しましたが、その後の活動を直接拝見する機会が限られていたことを残念に感じています。今後は本領域の発展をもう少し身近に見守りたいと考えています。

2024年には、本領域と関連する大きな出来事がありました。ノーベル物理学賞と化学賞で、AI分野の研究者が受賞し、科学界におけるAIの影響が示されました。特に、ディープニューラルネットワークの開発に貢献したGeoffrey Hintonの受賞には、個人的にも喜びを感じました。1999年、HintonがUniversity College LondonのGatsby Computational Neuroscience UnitのDirectorを務めていた際、招待してくれました。私は家族とともに5週間、Queen Squareで過ごし、Daniel Wolpert、Zoubin Ghahramani、Peter Dayanらとも楽しく交流しました。

Hintonは感覚運動制御の分野でも大きな貢献をしており、Michael Jordanとともに、感覚運動誤差を運動器官の順モデルを通してバックプロパゲーションすれば、運動司令の誤差に変換できると提案しました。この研究は、運動制御器の学習に関する理解を大きく前進させ、私自身も大きな影響を受けました。この順モデルは、今風に言えば、運動司令から感覚フィードバックを予測する「生成モデル」です。私は小脳と運動制御の逆モデルー順モデルの組み合わせ、大脳皮質視覚野の順逆光学モデル、モザイク(MOSAIC)モデルなどの研究をしましたが、これらはHintonの上記の研究やMixture of Experts研究などから影響を受けました。

順モデル(生成モデル)と逆モデル(推論モデル)の対が、階層的なモジュール構造内に配置され、特定の階層とモジュールが行動と学習において選択されることが、超多自由度の強化学習が少ない試行で働きうる秘密であると提案しています。また私とAurelio Corteseさんは、このメカニズムが意識の機能を説明する鍵だと主張しましたが、本領域の研究成果も、そうした観点から楽しませていただきたいと思います。

一緒に領域を盛り上げてくださる仲間を随時募集中です。

詳しくは領域ホームページ(<https://unifiedtheory.jp>)、YouTubeチャンネル(<https://www.youtube.com/@unifiedtheoryjp>)、およびX(旧Twitter)アカウント(@unifiedtheoryjp)を参照ください。



Research Teams
G r o u p

C

(C01&C02)

C01

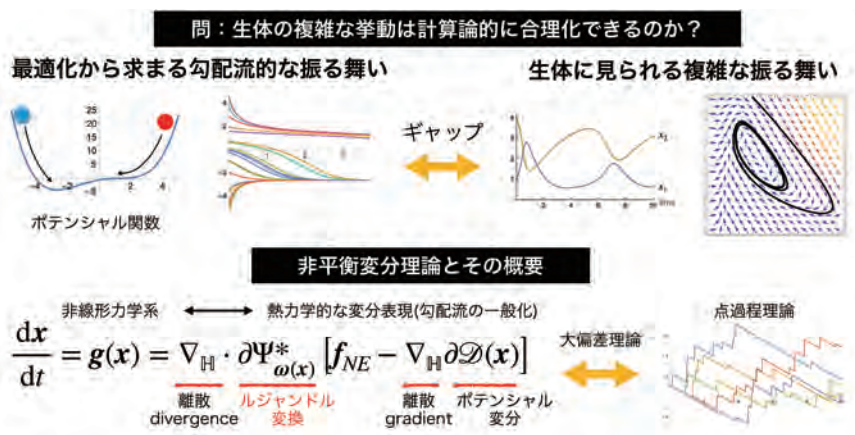
複雑ダイナミクスを内包しうる
計算原理理論の構築と応用



脳をはじめとした生体情報処理の最適性や機能性を解明する上で、推定理論・制御理論・学習理論などの工学分野で発展した最適化理論は不可欠です。目的関数を最小化するという理論の性質から、これらの理論が導く最適ダイナミクスは一般にポテンシャル関数を下る勾配流型になります。しかし現実の生体情報処理現象に目を向けると、その多くは振動やカオスの振る舞いなどより複雑で多様な動的挙動をも示し、これら複雑ダイナミクスと最適化理論との関係は理論的に明らかではありません。また同時に、工学的な最適化の現場や実際の運用においても、勾配流的な振る舞いに慣性などを加えて拡張し、勾配流には必ずしも

一致しないアルゴリズムの有効性などが経験的に確認されています。

本研究では、近年我々がカオスなども包含する平衡・非平衡化学反応系の熱力学理論を構築する過程で導入し、その情報幾何学的構造を明らかにした一般化勾配流を拡張した理論を発展させ、その推定理論や制御理論、さらには最適輸送などとの対応を明らかにすることで、複雑な生体ダイナミクスが生体情報処理にもたらす計算論的意義を探索します。さらに、その理論を点過程などの確率過程の予測や制御へと応用します。



研究代表者
小林 徹也
東京大学 生産技術研究所
教授

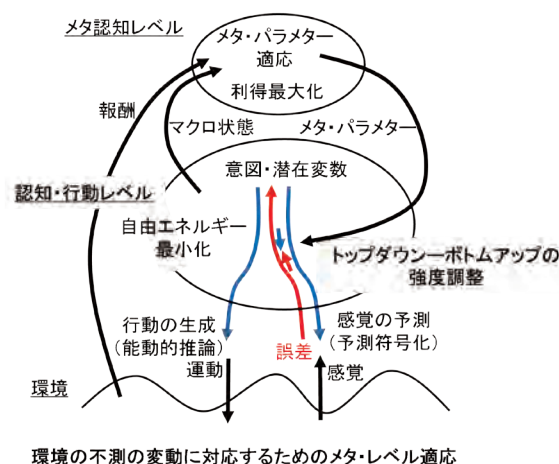
C01

自由エネルギー原理を拡張したメタ認知適応に関する理論及びロボット実験研究



環境に対して行為を適切に生成することは、高次領域からの環境へ働きかけるトップダウンの意図と環境から低次領域を経てボトムアップする感覚が互いに相互作用することを経て、 Friston が提案するところの自由エネルギーを最小化することで達成されることが考えられます。環境の不確かさが変動する場合、トップダウンとボトムアップの信号強度の適応的なバランスが不可欠で、前者が強すぎると系は環境での不測の摂動に不適応になります。逆に弱すぎると系は無視すべきノイズに対して過適応となり不安定化します。

本研究では、この両者のバランスは系の利得を最大化することを目的として適応的にメタ認知レベルで調節されるべきと考え、自由エネルギー原理を拡張した上でその適応メカニズムを導出し、その作動特性をロボットの行動学習実験を行うことにより検証することを目指します。



研究代表者
谷 淳
沖縄科学技術大学院大学
認知脳ロボティクス研究ユニット
教授

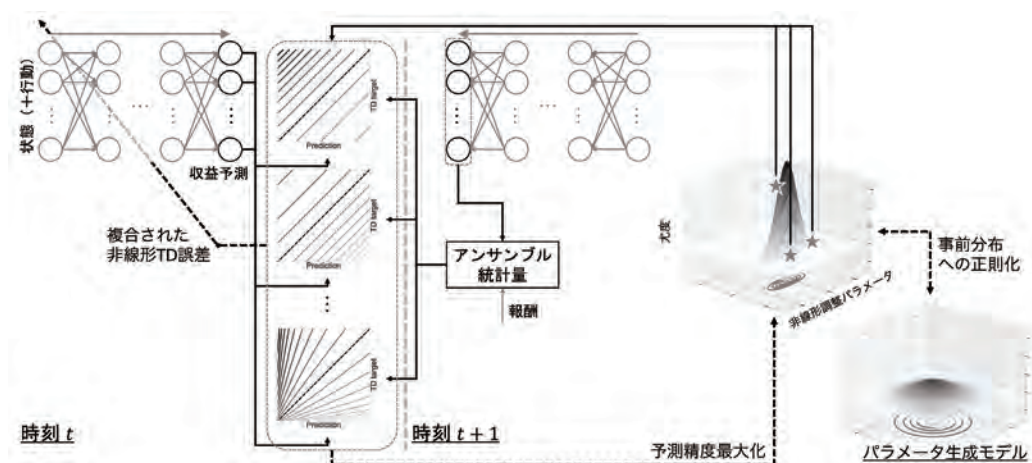
C01

推論としての強化学習が導く非線形TD誤差の
機能的意義の解明



強化学習は生物の意思決定モデルとして注目されており、中でも将来の収益の予測誤差が脳内のドーパミンと強い相関があると知られています。しかし、近年の調査により、これら2つは単純な線形関係に限らず、多様な非線形性を複合的に包含することが示唆されました。ここでの非線形性を捉えるモデルは残念ながらヒューリスティックな設計に留まっており、理論的な正当性が弱いです。また、こういった非線形性を包含・分布し、こういった過程で獲得されるのかは不明瞭です。

本研究では、Control as Inferenceに基づく新たな強化学習理論で、様々な非線形性を持つ予測誤差を理論的に導出します。この非線形性の機能的意義を、獲得された振る舞いだけでなく学習過程をも含んだ解析を通じて明らかにしつつ、それらを決定付けるパラメータを体系化します。そして、パラメータの確率的生成モデルを設計し、自由エネルギーなどの普遍的規範を用いた更新原理を確立します。この新理論をモデルとして、実際の脳活動データを説明した際の精緻化など、当該領域と連携して解析します。



研究代表者
小林 泰介
国立情報学研究所
助教

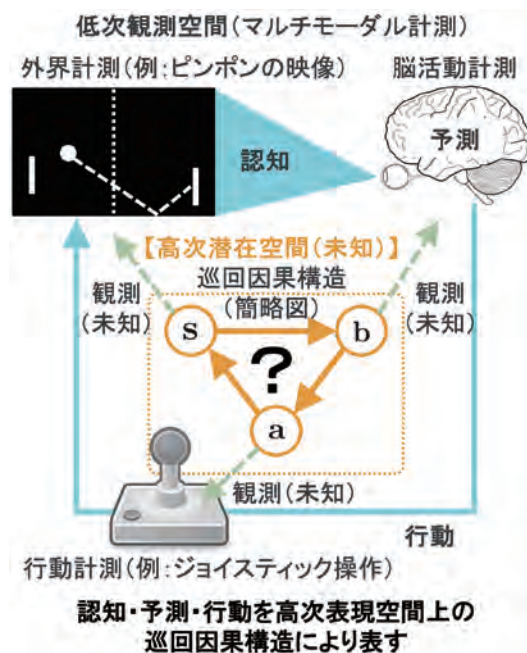
C01

巡回因果表現学習による
脳の予測行動原理の解明

本研究では、生物の予測と行動の背後にある高度なメカニズムの情報科学的な解明を目的とします。外界・知覚・行動の関係性を記述する情報理論としては自由エネルギー原理などが提案されていますが、理論の抽象度が高く、実際の高次元脳活動データとの対応付けは困難となります。

本研究では、新たな機械学習理論に基づく教師なしデータ駆動表現学習法を開発し、外界・脳活動・行動のマルチモーダル計測データから、その背後にある高次(抽象的)潜在表現とその巡回因果的な情報処理構造の推定を目指します。

提案した手法は実際にヒトまたは動物が外界とインタラクションしている際の、外界(視覚・聴覚・触覚刺激など)・脳活動(fMRI・脳波・カルシウムイメージング・スパイクなど)・行動(動物の映像・姿勢・動作など)の高次元マルチモーダル同時計測データに適用することで、モダリティ間の隠れた依存関係を解明し、生物の予測・行動の統一理論に対する新たな理解に迫ります。



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 (AIP)
研究員

C02

学習に伴って変化する視知覚予測の
神経基盤の解明



脳が感覚情報を知覚するときには、外部からの入力情報をそのまま受け取るのではなく、過去の経験に基づいた予測によって最適化されていると考えられます。多様な感覚情報や状況ごとに変化する感覚情報に直面しても動じることなく安定して知覚できるのは、この予測が重要な役割を果たしているからだと推察されます。本研究では、高次脳領域からのトップダウン入力に予測が関与していると考えます。また、注意状態の変化や報酬の期待などとの相互作用を通じ、学習過程で予測が柔軟に変化していく可能性を検討します。

学習が進むにつれ、予測の対象はより高度化し、複数の脳領域にわたる神経活動が洗練され、効率化することで、知覚の安定化が促進される、とい

う仮説を立てています。

本研究では、特に視知覚に着目し、頭部を固定したラットが視覚弁別課題を遂行する際に、多脳領域・多細胞の多次元神経活動を学習前後で電気生理学的に記録します。多様な視覚情報や各状況で変化する視覚情報に対して、安定した視知覚をもたらす役割を果たすと考えられる視知覚予測に焦点を当て、学習過程において予測がどのように変化するのか、さらに予測に関連する多次元神経活動がどのように変化するのかを明らかにすることを目指します。視知覚の安定性を実現する神経基盤がどのように作り上げられるのかを解明し、その理解を深めたいと考えています。



研究代表者
木村 梨絵

東京大学
ニューロインテリジェンス国際研究機構
特任助教

C02

シンボル系列の予測に関する
脳の計算モデル構築

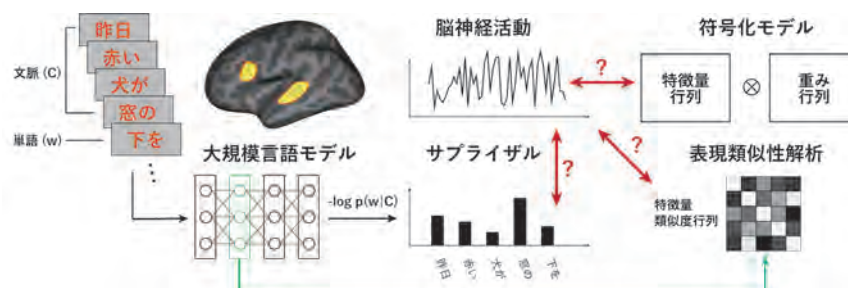


私たちは言語、数式、音楽など、様々なシンボル系列を扱いコミュニケーションを行なっていますが、これらシンボル系列の予測には共通する脳機能が関わっている可能性があります。

シンボル系列の処理負荷を定量的に評価する試みは心理言語学の領域で行われてきましたが、2000年代に提案されたサプライザル理論は、言語の文処理の困難さを文脈に対する単語の出現確率を利用して定式化する手法として広く利用されています。さらに近年では大規模言語モデルを利用することで、モデルとヒト脳の文処理メカニズムを比較できるようになりました。他方、大規模言語モデルと脳活動との対応関係を評価する手法としては大規模言語モデルの中間層の情報を利用する符号化モデル法や表現類似性

解析など他の手法も提案されており、それらの手法とサプライザル理論の関係は不明でした。

本研究では、大規模言語モデルとヒト脳の対応関係において、サプライザル理論と他手法の有効性を比較します。さらに、自然言語以外の一般のシンボル系列に対するサプライザル理論の応用可能性も検証します。まず、自然言語および数式刺激を利用した機能的磁気共鳴画像法(fMRI)のデータを取得し、大規模言語モデルを介して刺激のサプライザルを計算します。また並行して、大規模言語モデルより抽出した潜在特徴量を利用して脳活動を予測する符号化モデル解析、および表現類似性解析を実施します。各手法の予測精度を比較し、大規模言語モデルと脳活動の関連性をより良く説明する手法を明らかにすることを目指します。



研究代表者
中井 智也
株式会社アラヤ
チーフリサーチャー

C02

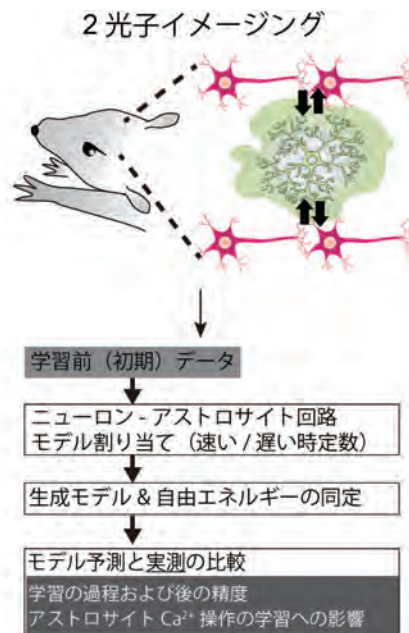
グリアー神経回路ダイナミクスに基づく
予測の理論の開拓と検証



脳の情報処理はミリ秒スケールで行き交う神経シグナルによって支えられています。これに対して、グリア細胞は神経細胞のように電気信号を伝播せず、形態学的にもシグナルの入出力に特化した構造が観察されなかったため、従来の考えでは脳の情報処理には関与しないとされてきました。しかし、最近の研究で、グリア細胞の一種であるアストロサイトが感覚入力や行動に伴い、数秒スケールの Ca^{2+} シグナルを示すことが明らかになりました。神経細胞の活動電位や Ca^{2+} シグナルに比べて遅い Ca^{2+} シグナルがどのような情報を符号化しているのか、また脳の情報処理にどのように関与しているのかは、まだ明確になっていません。

近年、オプティクスを進歩およびインジケータの開発観察により、学習の初期から成立まで数日に渡って、脳細胞の活動を追跡することが可能になってきました。そのような最新の記録技術を活用することにより、本研究では、学習タスク中のマウスを用いて2光子顕微鏡で Ca^{2+} イメージングを行い、アストロサイトの数秒にわたる遅いシグナルの情報処理における意義を解明します。特に、感覚入力、報酬の予測、行動制御などの脳の

基本的な機能に関連して、アストロサイトと神経細胞がどのように活動するかを計測します。また、これらのグリア・神経回路ダイナミクスのデータをモデル化し、学習に伴う変化を予測、実験データと比較することでモデルの妥当性を検証し、グリア細胞の活動を取り入れた新たなモデルの確立を目指します。



研究代表者
長井 淳

理化学研究所 脳神経科学研究センター
グリアー神経回路動態研究チーム
チームリーダー

研究協力者
金谷 哲平

理化学研究所 脳神経科学研究センター
グリアー神経回路動態研究チーム
日本学術振興会特別研究員PD

研究協力者
磯村 拓哉

理化学研究所 脳神経科学研究センター
脳型知能理論研究ユニット
ユニットリーダー

C02

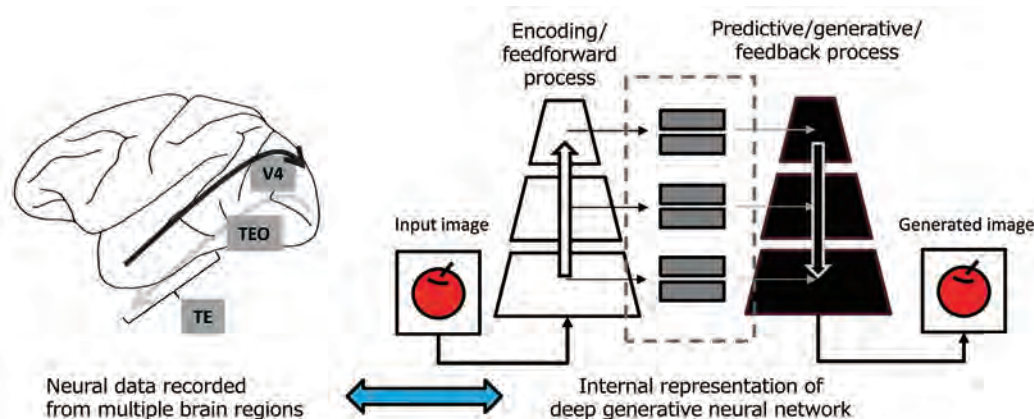
サル視覚野における
予測情報処理機構の解明



AIやコンピュータビジョンの研究では、ニューラルネットワークを使った深層学習によって、一般物体認識などヒトの認知機能の一部が実現できるようになりました。さらに、一般物体認識を学習した深層ニューラルネットワーク内部の情報表現は、脳の視覚野の神経情報表現と類似性が高いことも明らかになっています (Hayashi & Nishimoto, 2013 他)。

一方、脳の情報理論によれば、視覚野の情報処理は、絶えず変化する画像入力に対し予測符号化を行っていると考えられます。しかし、脳の統一理論に基づいて実装された深層予測符号化モデルが、複数の脳領域から同時に記録された大規模神経活動データを、定量的に説明できるかどうかは未検証です。

本研究では、マカクザルを対象に、物体認識を担う腹側視覚経路に沿った脳領域(下側頭皮質/TE野・TEO野)に4つの微小電極アレイを埋め込み、画像観察時の神経活動を多点同時記録しています。1つのアレイから約100ユニットの神経活動を記録することができます。そして、画像の符号化と予測=生成過程を学習した深層ニューラルネットワークの内部表現と照らして、領域間のFeedforward/Feedback信号が、どのように時間変化するのか検証しています。さらに、統合失調症のような視知覚の変容を引き起こす解離性麻酔投与下で、神経活動が計算モデルと照らしてどのように変化するのか、予測情報処理異常の観点から探ることを計画しています。



研究代表者
林 隆介
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

C02

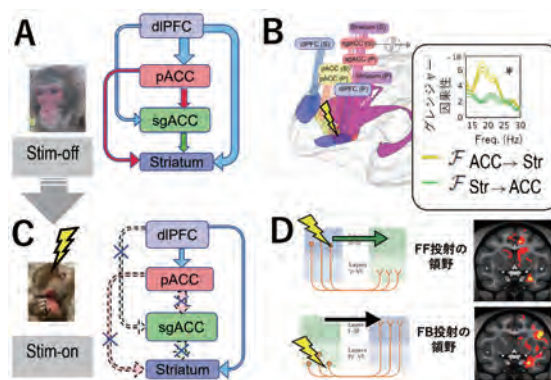
予測符号化と不安の制御：
霊長類辺縁系の階層ネットワークの解明



霊長類の領野間の相互作用は、特に視覚野において「予測符号化」という計算論モデルに基づく解析が行われています。選択的注意に関わる神経振動の同期が、高次から低次の視覚野に対して影響を与え、視覚の選択に関わることが示されましたが、グレンジャー因果性解析で神経振動の影響の方向性を示すと、解剖学的に示唆されてきた視覚野の階層性に相関することが明らかになっています。解剖学的な階層性は、大脳皮質4層に逆行性トレーサーを打ち、浅層からの投射をフィードフォワード (FF)、深層からの投射をフィードバック (FB) として分類することで定義されます。一方、生理学的な信号であるガンマ波・ベータ波の神経振動は、解剖学的な階層性に沿った方向性を持ち、予測符号化などの計算原理の神経実装に対応すると考えられます。

上記の階層的な大規模ネットワークの構成原理は、うつや不安障害などの精神疾患に関わる「辺縁系皮質と認知系皮質の間の相互作用」にも当てはまるのだろうか？この問いに答えるため、我々は、マカクザルに不安の定量化を行うための葛藤課題を訓練し、課題遂行中のサル認知系皮質・辺縁系皮質・線条体の様々な領野から局所電場電位 (LFP) を

同時記録してました (図A)。これらのデータと新規に獲得するデータをもとに、神経振動のグレンジャー因果解析、スパイク駆動 LFP 解析など、神経信号の方向性を明らかにするネットワーク解析法を行い、神経振動の影響の方向性・階層性を明らかにします (図B)。LFP 記録中に微小電気刺激法 (electrical microstimulation EM) を行い、実際に不安障害に似た悲観的な意思決定を引き起こした際のネットワークの相互作用の変化を明らかにし、うつや不安といった病態の特徴を明らかにします (図C)。最後に、辺縁系皮質・認知系皮質に対し、深層と浅層を区別しながら EM を行い、活動が引き起こされる領野を fMRI で識別し、解剖学的な階層性に対応する脳領野を同定し、不安ネットワークの階層性を調べます (図D)。



研究代表者
雨森 賢一

京都大学 ヒト生物学高等研究拠点
特定拠点准教授

C02

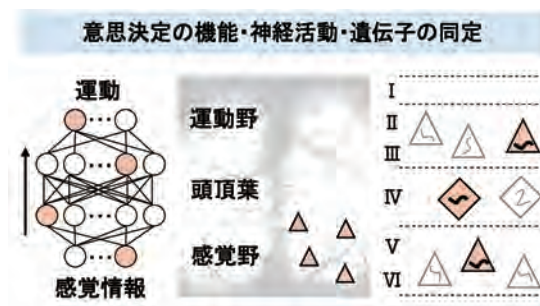
脳のベイズ実装における
理論・行動・神経活動・遺伝子の階層構造の理解

脳と人工知能の共通点や違いを理解する際、遺伝子の存在を無視できません (Zador, Nat Commu, 2019)。脳の神経回路の機能構造は、遺伝子である程度定まっています。一方、人工知能は主に学習によって0から回路を構築します。人工知能にとって、遺伝子のような初期設定がどの程度重要かは未だわかっていません。本研究ではマウスの脳で、意思決定の神経基盤と遺伝子発現の関係を検証します。特に遺伝子での神経回路の設計図が、発達期だけでなく成獣後の高次脳機能・学習に重要かを検証します。脳での遺伝子・神経活動・行動の階層構造を人工知能に組み込み、脳型AI開発に繋がります。

これまで、大脳皮質におけるベイズ推定の実装をマウスで検証しましたが (Ishizu et al, Nat Commu, 2024; Funamizu, iScience, 2021)、具体的には大脳皮質におけるベイズ推定の事前分布、尤度、事後分布の実装を検証しました。マウスの大脳皮質では、行動選択や音刺激が局所的に表現される一方で、報酬予測の事前分布が大域的に表現されることを発見しました。また、マウスの脳では様々な行動戦略が、大域的に表現されることを発見しました (Wang et al, iScience, 2024)。本研究では、マウスでの理論駆動の行動実験を提案します (図)。同課題時に、広視野二光

子顕微鏡で、大脳皮質の神経活動を大規模計測します。また、人工神経回路網で、マウスの行動をモデル化します。さらに研究協力者の岸雄介先生の指導のもと、神経細胞の遺伝子発現・エピゲノム状態を計測します。遺伝子発現とベイズ推定・行動学習との関係を検証します。

本研究では、脳の意思決定の神経基盤解明に向けて、理論・行動・神経活動・遺伝子の階層構造を繋ぎます。将来、意思決定の神経基盤解明だけでなく、精神疾患関連遺伝子と意思決定の関係の検証や、脳型AI開発を目指します。



研究代表者
船水 章大
東京大学定量生命科学研究所
講師

研究協力者
岸 雄介
東京大学定量生命科学研究所
准教授

C02

能動的推論による
アクティブ・ビジョンの解明



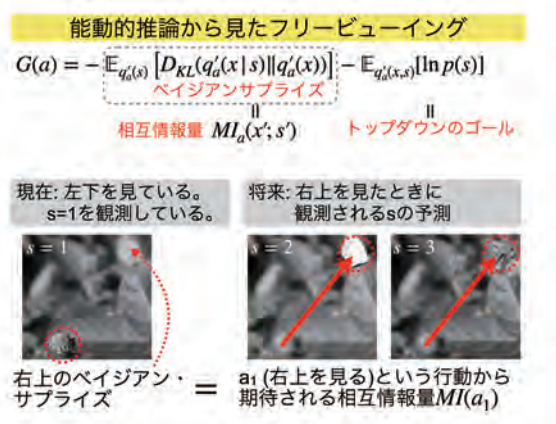
我々が眼で外界を知覚するとき、空間分解能の高い中心窩を急速眼球運動(サッケード)によって移動させながら視覚情報をサンプルしています。このように視知覚が行為によって構成される側面を「アクティブ・ビジョン」と呼びます。自由エネルギー原理(FEP)/能動的推論(AIF)によれば、視線移動が行っているのは、感覚情報(網膜の活動)から外界に何があるかについての信念を更新することであり、網膜に写った感覚情報を張り合わせた写真を再構築しているわけではありません。この点でFEP/AIFはアクティブ・ビジョンの概念と整合的です。

AIFによればある行動 a から期待される将来の変分自由エネルギーの期待値 $G(a)$ (期待自由エネルギー)は図のように表現できます。ここでベジアン・サプライズとは、将来ある行動選択 a をしたときにどのくらい将来の信念が変化するかを表しています。ベジアン・サプライズが最大となる行動 a を選ぶと、相互情報量 MI の最大化を実現し、期待自由エネルギー $G(a)$ を最小化します。つまり従来、視覚サリエンスのモデルで「目立つところに視線が誘引される」と説明されていたものが、ベジアン・サプライズを使うことで「(シーン理解において)よりinformativeなところに視線が誘引される」と、シー

ン理解と視線移動とを統合した形で説明できます。

本研究では「ベジアン・サプライズ」が脳内で処理されているか検証することを目的とし、マーモセットを対象とした行動課題と内視鏡型Caイメージング装置による両側の頭頂連合野PPCからの神経活動の同時計測を行います。

1) 視覚性ミスマッチ課題においては、方位刺激などさまざまな刺激特徴で、サプライズに関わる神経活動を見出します。2) フリービューイング課題においては、視覚特徴とベジアン・サプライズと眼球運動のエンコーディングモデルを構築します。3) ヒトを対象とした視覚シーンの認知課題を用いてアクティブ・ビジョンの生成モデルの推定法を確立します。



研究代表者
吉田 正俊
北海道大学
人間知・脳・AI研究教育センター
教授

研究協力者
瀬瀬 大輔
生理学研究所
認知行動発達機構研究部門
特任研究員

C02

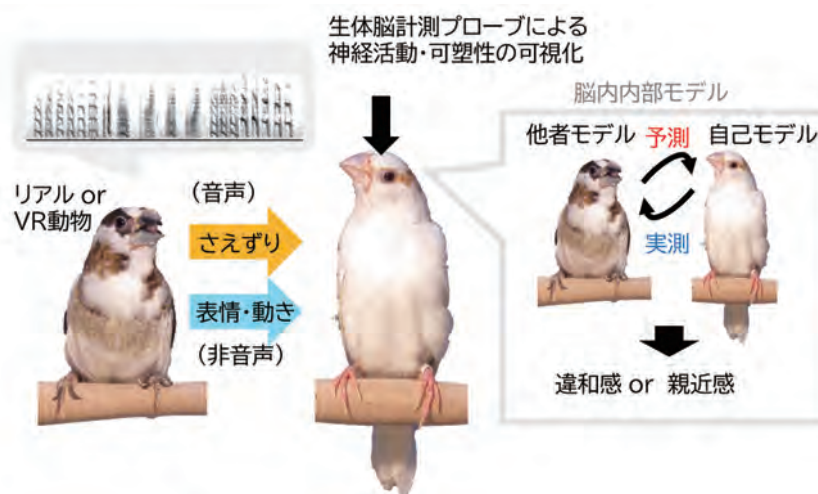
コミュニケーション時における
親近感と違和感の脳内表象



本研究では動物個体間コミュニケーションを自由エネルギー原理の考えから捉え、動物個体間コミュニケーションにおけるシグナルのやり取りは、能動的推論により脳内の他者モデルを更新・最適化するプロセスであると仮説します。これを検証し、その神経基盤を明らかにするため、音声コミュニケーションを盛んに使用する鳥類をモデル動物として使用し、鳥類におけるヴァーチャル(VR)コミュニケーション実験システムおよび、シグナルに対応する応答の行動解析技術と脳内神経活動イメージング技術による客観的解析を実施します。

本技術のもとクローズドループ実験系によるライブ個体とVR個体との音声コミュニケーションのやり取りを確立し、それを利用して、コミュニケーション過程においてのVR個体の応答シグナルを人為的に改変した際の行動応答や脳内活動を計測します。

これらの解析を通じ、コミュニケーション過程において脳内に形成する他者モデルの一端やその更新過程を神経科学的に明らかにすることを目指します。



研究代表者
安部 健太郎
東北大学 生命科学研究所
教授

C02

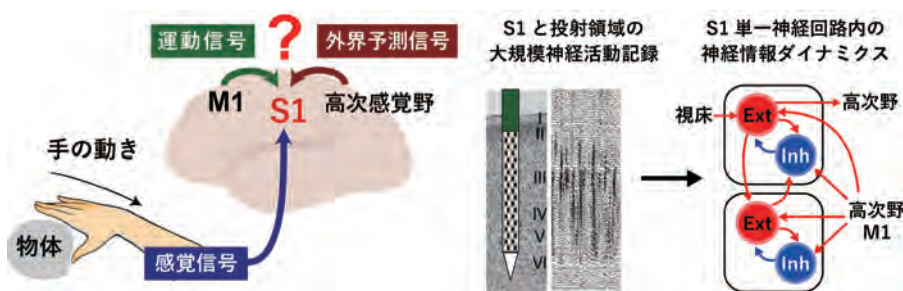
大脳皮質の単位神経回路における
神経情報ダイナミクスの解明



私たちの脳は、これまでの経験をもとに作り上げた「予測モデル」を使って、目や耳などの感覚器官から送られる信号を解釈し、外の世界を推測していると考えられています。さらに、自分自身が体を動かして環境を知覚する場合では、その「動き」に関する情報も脳で活用されていると考えられています。しかし、この過程が脳の神経系でどのように行われているかについては詳しくわかっていません。そこで本研究では、大脳皮質の中の「カラム構造」として知られる単位神経回路が、どのように外の世界を予測し、体の感覚や動きに関する情報を処理しているかを調べます。

私達が独自に開発した装置を用いて、小型サルであるマーモセットの「動きに関する感覚」を正確に

測定することに成功しました。これにより、動物が動いたときにどのような感覚情報が脳で処理されるかを詳しく分析できるようになりました。そこで、この装置を使って、触覚や体の感覚を処理する一次体性感覚野(S1)の神経活動を記録します。そしてS1に送られる3つの異なる信号、①外界に関する予測信号：脳が環境について予測する情報、②感覚信号：体の感覚器官から送られるデータ、③運動信号：自分が動いたことに関する情報が、S1でどのように交わり、情報が処理されるのかを明らかにします。以上の研究から、単位神経回路の情報処理についての理解を深めることで、脳がどのように計算を行っているか、その基本的な原理を解明することを目指します。



研究代表者
梅田 達也
京都大学大学院 医学研究科
准教授

C02

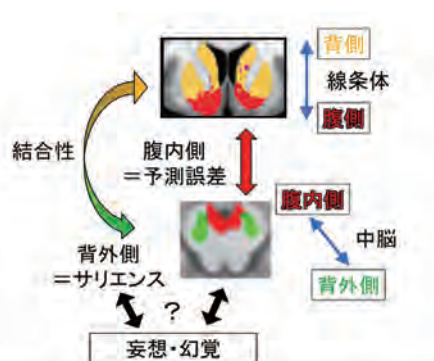
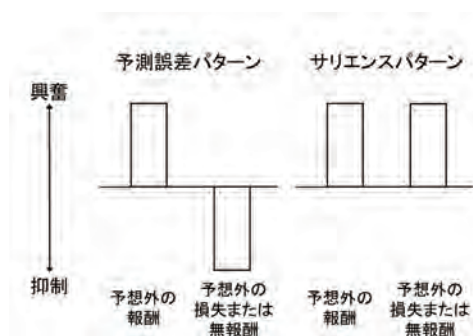
中脳－線条体の予測誤差・サリエンスの機能的・
構造的局在から妄想・幻覚を解明する

サリエンス (salience) とは「目立つ」刺激に対して自動的に注意をひかれ、重要と覚えることです。サリエンスの計算論的な定義の一つは予測誤差の絶対値であることです。動物では中脳－線条体のドーパミン神経のうち腹内側が予測誤差、背外側がサリエンスをコードするという報告があります (Matsumoto & Hikosaka, 2009; Menegas et al, 2017)。ヒトでこのような局在性があるかは分かっていません。

また、統合失調症では中脳－線条体におけるドーパミンの過剰により、通常の刺激に過剰なサリエンスが帰属されて妄想や幻覚が形成されと考えられます。

私たちは線条体の機能的結合性(活動の同期性)が実際に妄想の形成と相関することを世界で初めて明らかにしました (Miyata et al, PCN 2024)。一方、統合失調症でドーパミンが増えているのは線条体の腹側ではなく背側です (McCutcheon et al, 2018)。妄想や幻覚の形成と関わるのが中脳－線条体の腹側なのか背側なのかは見解が一致していません。

本研究では、機能的MRI (fMRI)や拡散MRIを用いて、ヒトにおける予測誤差とサリエンスの局在と、それらが妄想・幻覚とどう関わるのかを明らかにします。



(Modified from Tziortzi et al, Cerebral Cortex 2014 and Murty et al, Neuroimage 2014)



研究代表者
宮田 淳
愛知医科大学 医学部
精神科学講座
教授

研究協力者
福永 雅喜
自然科学研究機構 生理学研究所
特任教授

研究協力者
阿部 修士
京都大学人と社会の未来研究院
教授

研究協力者
李 軼男
京都大学大学院医学研究科
脳病態生理学講座(精神医学)
博士過程

C02

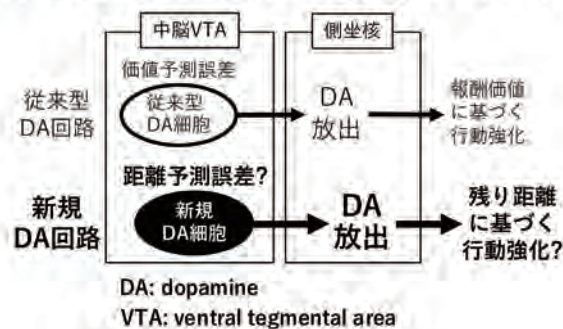
報酬予測誤差に能動的に対処する
神経メカニズムと計算アルゴリズム

ヒトは日常的に、現状より高い目標を設定し、その達成のために多くの時間や労力を費やします。途中で結果が思い通りに行かずに期待外れが生じて、それを受入れ目標を諦めるよりは、むしろそれを能動的に乗り越えることで将来の成功に繋がります。自然界では、大抵の場合はすぐには成功しない、そして多くの場合その対象が限定的な採餌行動や求愛行動において、期待外れに能動的に対処できなければ、種の存続に影響します。このように普遍的に重要であるにも関わらず、従来、期待外れを乗り越えるための予測や行動を担う神経メカニズムは不明でした。報酬系の中心である中脳ドーパミン細胞は、従来、報酬価値に関する

予測誤差を担い、期待外れという陰性の報酬予測誤差に対して行動を弱化すると考えられてきました。一方、我々は最近「期待外れの際に活動を増し、期待外れの後でも報酬を求め続ける行動を強化する」ドーパミン細胞を見出しました(Ishino et al., Science Advances, 2023)。

本研究では、独自の行動課題をラットで開発し、中脳ドーパミン回路を対象とした最先端の神経活動計測・操作技術とデータ駆動的数理モデリングを導入して、我々が見出した新規なドーパミン細胞が担う計算アルゴリズムと行動に果たす因果的役割の解明を目指します。

報酬予測誤差に対処する神経メカニズムと計算アルゴリズムの仮説



研究代表者
小川 正晃
滋賀医科大学 生理学講座
生体システム生理学部門
教授

C02

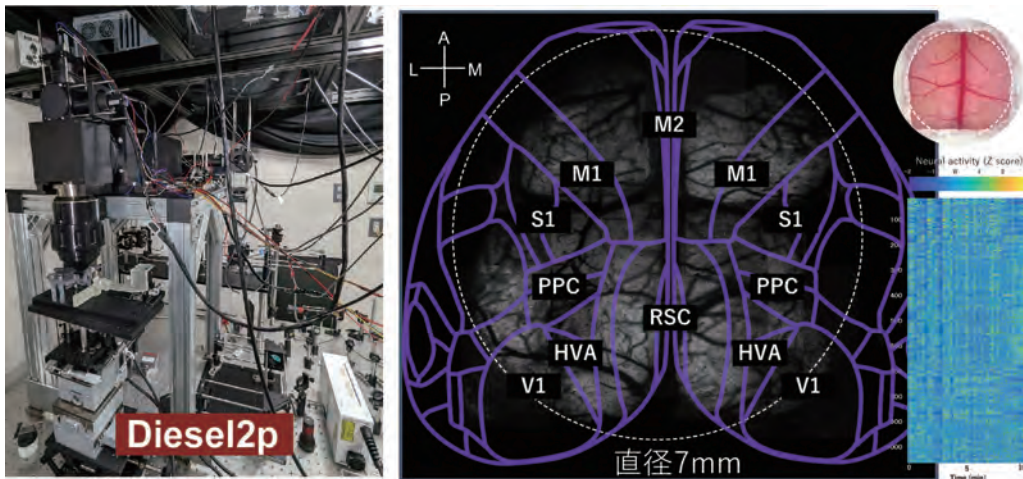
大脳皮質領野間連携による
多重予測のダイナミクス



我々のグループは、広視野2光子顕微鏡Diesel2p (Yu et al., 2021) を用い、頭部固定マウスの背側大脳皮質の広い領野の神経活動を2光子カルシウムイメージングによって計測します。この視野はACC, M2, M1, S1, PPC, RSC, V1を含み、これらの領域の神経細胞集団が持つ情報と、それらの間の相互作用を知ることができます。大脳皮質間の領野間相互作用は、従来特に視覚野における階層的な関係性が特に注目され、深層学習への応用に結び付いたのは周知の事実です。一方、上記の領野群は階層的な関係性によって

一意に記述できるものではなく、多彩でマルチモーダルな情報が文脈依存的に領野間を行き来していると考えられます。

本研究では、こうした大脳領野間の相互作用を複雑かつ多重の予測関係として記述することを目的とします。特に、感覚情報、場所情報、価値情報などのタイプの異なる情報が、領野間の相互作用によってお互いを多重に予測している様子を観察・制御することで、そのメカニズムを解明したいと思います。



キャプションは仮ですマウス大脳皮質ニューロンの多層カルシウムイメージング



研究代表者
平 理一郎
東京医科歯科大学
大学院医歯学総合研究科
准教授

Event Information

イベント活動一覧

2024年度 主催イベント

第3回 領域会議

日程：2024.5.16-17

場所：理化学研究所 生物科学研究棟1階

鈴木梅太郎記念ホール

<https://unifiedtheory.jp/meeting3/>

第47回 神経科学大会サテライト企画

第1部「光学神経画像解析ツールOptiNiSt チュートリアル」

第2部「脳科学における理論と実験の融合に向けた

若手研究者セミナー」

日程：2024.7.27

場所：福岡国際会議場 202

<https://neuro2024.jnss.org/satellite.html>

第4回 領域会議

日程：2024.11.7-8

場所：京都大学 国際科学イノベーション棟5階

シンポジウムホール

<https://unifiedtheory.jp/meeting4/>

2024年度 共催イベント

神経回路学会 第34回全国大会(JNNS2024)

サテライトシンポジウム

International workshop:

Mechanistic Foundations on Neural Coding

日程：2024.9.10

場所：北海道大学 クラーク会館3階

大集会室 1

<https://sites.google.com/view/mechanisms-and-coding>

1st Digital Brain Workshop

日程：2024.09.19-21

場所：日本橋ライフサイエンスビル

<https://boatneck-weeder-7b7.notion.site/1st-Digital-Brain-Workshop-131a68936dda4867a88fedd25dfa92>

日本神経回路学会 オータムスクール

ASCONE2024 『脳・理解・計算』

日程：2024.11.25-28

場所：ホテル一宮シーサイドオーツカ

<http://ascone.brainsci.net/>

脳と心のメカニズム

第24回冬のワークショップ

日程：2025.3.10-12

場所：北海道 ルスツリゾートホテル&コンベンション

<https://brainmind.jnss.org/wt2025/>

第17回 脳科学若手の会 春の合宿

日程：2025.03.15-16

場所：マホロバマインズ・三浦

<https://brainsci.jp/blog/2025/03/17/>

2025年度 主催イベント

第5回領域会議

日程：2025.5.30-31

場所：東京科学大学

【お問い合わせ先】

学術変革領域研究(A)「予測と行動の統一理論の開拓と検証」事務局

E-mail: contact@unifiedtheory.jp