

# 【新学術領域研究（研究領域提案型）】 複合領域



## 研究領域名 脳情報動態を規定する多領野連関と並列処理

東京大学・大学院医学系研究科(医学部)・教授

びとう はるひこ  
尾藤 晴彦

研究課題番号：17H06308 研究者番号：00291964

### 【本領域の目的】

脳は外界の情報を感覚入力により取得し、4Dマルチモーダルな膨大な情報を各脳領域で処理しつつ、適切に層・領域間で転送して並列処理することで圧縮・貯蔵する。この「脳情報動態」の実体を、先端的計測操作技術により解明・再現し、記憶・予測・判断に基づく行動原理を明らかにすることは、今日の神経生物学・光遺伝学の中心課題である。本研究領域では、徒にデータ駆動型のビッグサイエンスに陥ることなく、脳内の情報フローを規定する局所細胞構築とモデル設定、脳領域間ネットワークダイナミクスの高分解能記録・操作、閉ループ（再帰性）制御をも視野に入れたモデル検証・情報処理理論、を包含する新たな分野横断型研究領域、「脳情報動態学」の確立を目指す。

### 【本領域の内容】

高次脳機能発現に関わる脳情報動態を、脳多領野のシナプス結合様式と解剖に基づく回路構造と、そこを流れる単一細胞レベルと平均場レベルの情報という観点から研究を進める。高精度・高品質の大量画像データから情報を抽出し解読すること、それを制御すること、および本領域内でデータフォーマットの統一化と共有化を行い、班内での横断的アクセスを可能とする。このような情報科学による神経科学の破壊的再創造により、階層を超えた脳内情報処理機構の解読を試みる。

#### 研究項目 A01 脳情報解読

脳の多領野に共有される基本的細胞種・結合モチーフや、記憶構造ループとの入出力変換・可塑性を明らかにし、高次脳機能に関わる標準回路構造を解明する。

#### 研究項目 A02 脳情報計測

多数の細胞から機能イメージング、また電気生理学的記録を行うことで、高次脳機能に関する情報が記憶構造を持つ脳領野を含めて多領野間の細胞群でどのように表現され、転送・変換されているかを解明する。

#### 研究項目 A03 脳情報ネットワーク構築

ヒト脳からの fMRI 信号を解析することで、異なる皮質領野間、皮質領野・記憶構造間の情報転送・変換による脳高次機能発現を解明する。また、脳の多領野連携様式などの神経科学に触発された並列情報処理アーキテクチャを開発する。

この3つの研究項目を通じて、多領野からの細胞活動記録・細胞種同定標識・細胞構築解析・細胞機能操作を統合するとともに、これらの技術パイプラインを共有化して研究を推進する。細胞ごと、領野ごとの情報表現の違い、回路構造の知見、攪乱による機能変化を合わせて、脳高次機能発現における脳

情報動態を細胞構築と回路構造の次元で解明する。

### 【期待される成果と意義】

近年、脳情報処理に影響を受けたニューラルネットワークである深層学習(Deep Learning)に基づく人工知能技術が飛躍的に進展し、画像や音声を高精度で分類する能力においてはヒトを凌駕するに至ったが、一方で、現在の人工知能は再帰性を適切に取り扱えず、多岐に渡る文脈や他者を考慮し判断する機能は持ち合わせていない。脳が行う多領域間の情報通信と領域内での情報処理機構・回路構造の大枠を明らかにし、さらに発展させるためのプラットフォームを形成することができれば、その情報処理メカニズムを新たな工学的ニューラルネットワークアルゴリズムとして整理し、高次脳機能を模した「次世代」人工知能などへの応用が可能となることが期待される。

ヒトなどの社会的な高等動物では、他者の意図を推定し、その行動を予測することで、自己の目標達成が容易になる。高次脳機能を模した補助型人工知能やロボットの実現が可能になれば、ヒトの行動予測に基づいた、ヒトの五感や運動機能を補足する「拡張現実」・「拡張運動」や、意志決定プロセスを補助する「拡張認知」機能などの可能性がより現実的となると予想され、その第1歩となる基礎研究を本領域で実施する。また、他者意図を断片的情報から推定し、相手の行動や環境を脳内で計算可能な情報に変換し、転送し、処理する過程の数理モデルの構築を試みる。自閉症は、多領野間での情報通信・情報動態の障害と捉えられることも可能であると考えられており、本領域の推進により脳情報動態が回路レベルで解明されれば、自閉症の症候原理の解明への大きなステップともなり得る。

### 【キーワード】

脳情報動態  
多数の脳領野をめぐる、感覚・運動・認知・内的情報の転送・変換・統合・貯蔵の動的形式。  
並列処理  
各計算モジュールが並列演算して効率的な情報処理を実現すること。脳多領野間の並列処理原理に学んだ人工知能の発展が期待されている。

### 【研究期間と研究経費】

平成 29 年度－33 年度

1,235,600 千円

**【Grant - in - Aid for Scientific Research on Innovative Areas(Research in a proposed research area)】**  
**Interdisciplinary Area**



**Title of Project : Brain information dynamics underlying multi-area interconnectivity and parallel processing**

Haruhiko Bito  
(The University of Tokyo, Graduate School of Medicine, Professor)

Research Project Number : 17H06308

Researcher Number : 00291964

**【Purpose of the Research Project】**

The brain acquires information of the external world as multimodal sensory inputs and performs an enormous amount of information processing within and across areas, while compressing and storing it by appropriately transferring it between layers through parallel mechanisms. A central issue of today's neurobiology is to elucidate and reproduce the substance of this "brain information dynamics" using state-of-the-art techniques of measurement and manipulation and to decipher behavioral principles that rely on circuit-based mechanisms of memory, prediction, and decision-making. The aim of this Consortium Research Project is to establish a novel multidisciplinary research field, "brain information dynamics", which encompasses a wide range of challenges from high-definition cytoarchitecture reconstruction to mapping of circuit models that define information transfer and storage in the brain, high-resolution measurement and manipulation of multi-areal network dynamics, and verification of computational models and theories leading to closed-loop control of recursive networks.

**【Content of the Research Project】**

We will investigate brain information dynamics that underlie information transfer through multi-area interconnectivity. We will create analytical pipelines to measure information dynamics from high-precision, high-quality large-volume image datasets. We will share the data, making them accessible to all members of this Consortium.

Research Aim A01 Brain information decoding: We will decipher basic circuit features related to higher brain function: basic cell type, connection motif, I/O conversion, and synaptic plasticity.

Research Aim A02 Brain information recording: By performing functional cellular and circuit recordings through imaging and electrophysiology across a large number of cells, we will identify how information is expressed, transferred and converted in a variety of cell ensembles that communicate between multiple areas.

Research item A03 Brain information network construction: By analyzing the fMRI signal from the human brain, we aim to tease apart how the brain higher-order functions emerge from communication between different cortical areas. We will also develop brain-inspired computing algorithms for neural-circuit type hardware.

**【Expected Research Achievements and Scientific Significance】**

In recent years, artificial intelligence (AI) technology based on deep learning, a neural network-based information processing algorithm, has made a dramatic progress. However, the current AI principles are limited: they cannot properly model recursion within a network, and they are not able to compute based on incomplete contextual information and deduce intensions of others. Understanding basic properties of brain information dynamics will pave the way to decipher information transfer and processing principles that the brain use to memorize, make a decision and take actions. Brain-inspired information processing algorithms will facilitate development of a new engineering neural network algorithm, which we expect can then be applied to the "next generation" AI or interactive agents.

For social higher animals such as humans, it is easy to achieve their goals by estimating the intention of others and predicting their behavior. If a helper AI that imitates part of higher brain functions become possible, "augmented reality", "augmented motion", and "augmented cognition" might be within reach. Furthermore, if brain information dynamics is elucidated at the circuit level in this research project, we anticipate to gain insights on autism's core symptoms, which is regarded as a disorder of information transfer and information dynamics across multiple brain areas.

**【Key Words】**

Brain information dynamics:

Dynamic form of transformation, integration, and storage of information over multiple brain areas.

Parallel processing:

Processing in which each module performs parallel computation. Parallel processing in the brain may guide new AI computational algorithm.

**【Term of Project】** FY2017-2021

**【Budget Allocation】** 1,235,600 Thousand Yen