

2023 年第 70 回応用物理学会春季学術講演会 分科企画シンポジウム

「トータルバイオミメティクス研究会」企画

## 脳と非生体型自律分散システムにおける情報処理・創造の最前線

Frontiers of information processing and generation in brains and inanimate autonomous distributed systems

開催日：2023 年 3 月 18 日(土)

場所：上智大学（ハイブリッド開催）

世話人：土屋敬志（物質・材料研究機構）、矢嶋赳彬（九州大学）

本シンポジウムは、近年ますます高まっている高性能人工知能技術の重要性を背景として、脳科学の視点による「認知と思考」の脳情報処理機構の研究や、電気回路を基礎とするハードウェア型人工知能、ソフトウェアに基づく人工知能の研究において最前線に立つ研究者 4 名を講師に迎え、次世代型人工知能技術の方向性についての議論を目的として開催された。シンポジウムには会場 60 人程度、オンラインを合わせて最大 100 人程度と、講演会最終日の午後にも関わらず多くの方に参加頂き、大変活発な議論がなされた。以下に各招待講演、およびパネルディスカッションの概要を紹介する。

玉川大学の坂上雅道教授からは「脳における情報創成のメカニズム」と題して、脳の基礎的な神経、および心理メカニズムについて紹介された。生物は環境変化に柔軟に適応する学習能力が必要であり、①類似の刺激に対して既に獲得している刺激－反応関係を適用する“般化”、②別々の条件づけによって獲得された刺激－反応（あるいは刺激）関係を直接の経験なしに神経系内で統合して新しい刺激－反応（あるいは刺激）関係を作り出す“高次条件づけ”、③刺激や反応の抽象化によって形成された概念が意味を持つことで概念に関係する個々の刺激（あるいは反応）にその意味が敷衍化していく“抽象化に基づく推論”の 3 つの機能を進化の過程で獲得してきたことが述べられた。ヒトの持つ創造性にはこれらの機能が必要であるため、深層学習に基づく近年の AI ではヒトに匹敵する能力の実現が難しいことが指摘された。

大阪大学の神吉輝夫准教授からは「神経模倣振動子の自律分散ネットワークと同時発振による機能化」と題して、 $1/f$  ゆらぎを内包することで生体親和性を持つ“ゆらぎ発振器”について紹介された。生体システムは個々の神経振動子が自律分散的に協調

し心拍や脳波信号の様な多様なリズムを生むこと、このリズムがゆらぎによって雑音環境下でも動き続けるリミットサイクルを有するロバスト性や、外界とのシンクロナイゼーション（引き込み）機構を有することが示された。こうした特徴を電子回路で模倣するゆらぎ発振器を応用することで、心拍や脳波信号の高感度検出に成功した事例や、発達障害の子どもにリラックスと集中力をもたらすための療育に用いられるイルミネーション積木玩具を開発し顕著な効果が得られた事例などが紹介された。

東北大学の堀尾喜彦教授からは「高次元複雑ダイナミクスとブレインモルフィックコンピューティング」と題して、脳の複雑な情報処理様式の創発を目指すブレインモルフィックコンピューティングについて紹介された。脳がマクロレベルの脳領域からマイクロレベルの分子・遺伝子回路までマルチスケール、マルチレイヤー、マルチフィードバック構造をフラクタル的に有しており、脳の情報処理様式と互いに影響を与え合いながら共進化することで特異的な情報処理様式を獲得していることが示された。さらに、身体を通した予測不能で無限定な外部環境や生体の内部環境との相互作用が情報処理に重要な役割を果たしており、内部環境の微小な変化を察知した上での情動を通した対応、および外部環境の無限定な複雑ダイナミクスへの対応のために、脳内の高次元複雑ダイナミクスが重要であることについて述べ、こうした脳の情報処理機能を創発するためのブレインモルフィックコンピューティングやカオスニューラルネットワークリザーバーなどについても紹介された。

慶應義塾大学の栗原聡教授からは「次世代型 AI における群知能の必要性」と題して、自律行動主体（エージェント）同士の局所的なインタラクションによって全体的な秩序を創発する群知能型アーキテクチャについて紹介された。エージェントの協調方式として従来は集中制御方式や直接制御方式が活用されてきたが、環境を介して他のエージェントに影響を与えその影響が自らに及ぶ間接協調方式が自然界ではより広範に用いられていること、この特徴を備えた群知能システムは変化に追従できる高い適応性、および創造力があることが述べられた。最近登場した大規模 AI モデルを基盤とする画像生成 AI は専門知識なしで創造的画像を短時間で生成できるなどの革新的な変化をもたらしたが、学習データの範囲を超えることができないこと、それに対して生物である人は進化という非連続なアップグレードによってより高い創造力を獲得可能であるという違いが指摘された。AI が人と並ぶ、もしくは人を超える高い創造力を持つためには、こうした進化的機能が不可欠であり、「マルチスケールな多段創発を可能とする群知能システム」として構築される必要があることが述べられた。

パネルディスカッションでは、招待講演者をパネラーとして「脳および非生体型自律分散システムを利用する情報処理の課題と期待」について議論した。パネラーそれぞれの視点から見た脳・人工知能研究の問題点が指摘され、これを乗り越え革新的な技術を生み出すための方策について聴講者を含めた活発な議論が行われた。

今回、自律分散システムとしての特徴を持つ脳機能を総合的に俯瞰・理解し次世代型 AI 技術として具現化するための学理構築、および社会実装に向けたビジョンを共有する分野横断的コミュニティの形成を目的として本シンポジウムを企画した。幅広い分野の研究者を交えた議論によって、脳の創造性の実現は、従来の深層学習ベースのソフトウェアやハードウェアでは困難であり、自律分散システムやそれを基盤とする複雑ダイナミクスなどの生物の特徴を備えた革新的な機構の実装が必要であることが浮き彫りとなり、次世代型 AI 技術の発展に向けて横断的かつ統合的なバイオミメティクスの重要性が改めて確認された。シンポジウム開催中は会場から多くの質問があり、本テーマへの関心の高さが窺えた。これを機会として本テーマについてさらなる活発な議論が継続し、新しい萌芽研究、社会実装の端緒となることを期待したい。

文責：土屋敬志（物質・材料研究機構）、矢嶋赳彬（九州大学）