

OS-33

脳科学と AI

“Brain Science and AI” for Creating Artificial General Intelligence

森川 幸治
Koji Morikawa

パナソニック株式会社
Panasonic Corporation.
morikawa.koji@jp.panasonic.com

岡本 洋
Hiroshi Okamoto

富士ゼロックス株式会社
Fuji Xerox Co., Ltd.
hiroshi.okamoto@fujixerox.co.jp

山川 宏
Hiroshi Yamakawa

株式会社ドワンゴ人工知能研究所
Dwango Artificial Intelligence Laboratory.
hiroshi_yamakawa@dwango.co.jp, <http://ailab.dwango.co.jp/>

Keywords: brain science, artificial intelligence, artificial general intelligence.

1. はじめに

近年、脳科学分野においては脳機能イメージング技術の進展や信号処理技術や機械学習技術を活用することで得られる知見が爆発的に増加し、ブレインマシンインタフェース、リハビリテーション、神経経済学などの応用分野が見え始めている。一方で、人工知能分野においても、増加する計算機パワーに支えられ脳型の情報処理技術や Deep Learning, 圧縮センシング, 認知アーキテクチャ, 計算知能, 脳情報処理アーキテクチャを実装したハードウェアなどの新たな進展が見られてきている。

本オーガナイズドセッション (OS) は、それぞれ発展を続ける脳科学と AI の橋渡しになるような境界領域研究を対象に、一つのセッションとして議論する場を提供することを目的に企画された。脳科学分野も人工知能分野もそれぞれ深い専門性が必要な分野であるため

に、これまで相互の交流が活発とはいえなかった。本学会の研究者にとっても脳科学の研究手法や最新の知見などを知る機会があれば、汎用人工知能をはじめとする新たな研究の展開につながられると著者らは考えている。

本稿では、OS「脳科学と AI」の取組みのまとめとして、これまで発表されてきた研究分野の概要、脳科学と AI に関連する最近の研究動向、学会や研究会での関連活動の紹介をする。これにより、本研究分野に興味をもたれた読者の参考になれば幸いである。

2. 主な研究分野とこれまでの歩み

2.1 これまでの歩み

オーガナイズドセッション「脳科学と AI」は、本学会の全国大会において企画され、2011年に最初の OS として実施して以降、毎年継続して開催し、2017年5月の名古屋での全国大会で7年目を迎えた。

これまでの発表件数の合計は、招待講演なども含めてちょうど100件となった。セッションの参加者も毎年40~50人を超え活発な意見交換が行われている。今年は、会場も広く100名以上の参加者を迎えて盛況であった。

これまでに開催してきたオーガナイズドセッション (および特別企画) の発表件数と、セッション内の招待講演のトピックは下記のとおりである。招待講演では、脳科学の最新動向や人工知能への応用など幅広いトピックを扱ってきた。ここに掲載の研究の予稿は、本学会のホームページから参照可能である (全国大会一覧: <https://www.ai-gakkai.or.jp/event/national-convention/>)。

2011年特別企画「脳科学応用と AI」3件

- ニューロサイエンスからニューロテクノロジーへ



図1 今年度の OS の様子

- 脳とコンピュータをつなぐ：非侵襲脳活動計測によるBCIの現状と展望
- 囚人のディレンマの解決を目指して—一経済動向とfNIRS解析—
- 2011年12件
招待講演：将棋棋士の直感に関わる脳活動解明の試み
- 2012年9件
招待講演：脳機能計測のAI研究への応用～fMRI実験 デザインを中心に～
- 2013年17件
招待講演：大脳皮質とDeep Learningの類似点と相違点
- 2014年18件
招待講演：スパースモデリングとデータ駆動科学
- 2015年10件
招待講演：海馬から大脳へ：記憶の計算モデル
- 2016年19件
招待講演：海馬神経リズムと記憶情報処理
- 2017年12件 特別講演なし

2.2 主な研究分野

研究募集分野は、以下のように脳科学とAI技術の融合が期待される幅広い分野を想定してきた。

- 脳計測データの分析, 信号処理
- ニューラルコンピューティング (Deep Learning, 圧縮センシングなど)
- 全脳エミュレーション・シミュレーション
- 脳情報の符号化・復号化 (エンコーディング, デコーディング)
- ブレインマシンインタフェース
- 脳活動を利用したユーザインタフェースとその評価
- 専門能力・スキルの脳科学的理解
- 脳活動評価と医療応用
- ニューロリハビリテーション
- 脳科学の教育応用
- ソーシャルインタラクションにおける脳活動
- 神経経済学, ニューロマーケティング
- システム神経科学
- 脳型計算知能, 認知アーキテクチャ, 脳の計算モデル
- 脳型アーキテクチャ
- ニューロインフォマティクス (オントロジー・データマイニング・モデリングなど)
- 脳活動を利用した感性情報処理
- 認知発達ロボティクス
- 脳型計算機のハードウェア
- 上記以外の脳科学とAIに関わる研究

以下に、これまでのOSでの発表をいくつかに類型化して概観する。

(1) 脳計測による脳機能の理解

脳計測に基づいて人間の振舞いを理解しようとする

研究である。計測装置としては、EEG, fMRI, NIRS, MEGなどが用いられる。人間が特定のタスクを実行しているときの脳活動データから、タスクとの相関性や脳内の処理と対応付けるものである。人間の状態を脳計測から推定する研究やデコーディング研究も含まれる。

OSにおける脳計測応用の研究としては、例えば、脳波による感情状態の推定、脳波による瞑想状態の推定、脳波による情動喚起と記憶想起の検出、などがあった。

(2) 脳信号解析とその応用

脳信号解析を応用に結び付ける研究や、その解析手法に関する研究である。例えば、脳信号の解析結果を用いて制御に応用するBMI (Brain Machine Interface) や、その性能向上、その識別精度の向上、瞑想トレーニング支援などの発表があった。また近年は深層学習の応用も発表され、fMRIデータからのConvolutional Neural NetworkやLSTMによるN-Back課題の識別、画像刺激による脳活動データからの説明文生成、動画刺激による脳活動データから言語表象推定に関する発表が行われた。

(3) 神経のモデル

脳を構成する脳神経の活動そのものに注目して、その情報処理的な意味合いや認知処理機構のモデル化を指向した研究である。中低次視覚皮質の活動に基づく注意選択決定や、生体神経回路網のメモリ現象、発火不規則性と集団振動現象を両立する神経回路モデルに関する発表が行われた。他にも小脳における並進運動と傾き運動の識別、位相応答曲線とスパイクトリガー平均の同時推定、生体神経回路網における誘発応答パターンの解析など、生物実験との連携も見られた。

(4) 認知モデル・計算論的モデル

脳計測や行動実験から主に認知面からの脳内処理を説明できるモデル(認知モデル)を検討する研究である。その説明対象としては、他者に対する不平等の回避特性を変化させる神経メカニズム、テンポラルネットワークからのコミュニティ抽出、ベイジアンネットワークを用いた擬似日本語の係り受け解析などの発表が行われた。

3. 「脳科学とAI」に関連した最近の研究動向

2011年のOS開始当初は、脳科学とAIは相互に意識はするものの、まだ統合までには至らない段階の研究が多かった。しかしながら、この数年のうちに相互の研究の類似性と相違点に関する理解が進み、脳科学に基づく人工知能技術への貢献、人工知能技術による脳科学への貢献の事例が徐々に見られるようになってきた。

以下に、関連研究動向について列挙する。

3.1 深層学習と脳科学の対応

深層学習の特徴抽出の処理と脳の視覚野での処理の対応関係も明らかになりつつある。例えば[Yamins 14]に

においては、多層の Convolutional Neural Network とサルの高次視覚野の神経活動に高い類似性が見られることが見いだされた。これらは視覚野の処理の意味合いがコンピュータによっても解釈され得ること、深層学習が人間の脳内での処理と同等の処理を行っている可能性があり得ることなど、脳科学と AI の双方にとって統合的な理解を与える可能性が出てきたといえる。

3.2 脳計測に基づく人工知能技術の適用

大規模 fMRI データを対象にしたデータ駆動型の研究によって、脳での高次の機能表現のマッピングも可能になってきている。例えば、[Huth 16] においては、数時間にわたる自然に語られた物語を聞いている被験者の fMRI データから皮質全体の意味選択性を体系的にマッピングした。このパターンは個体を超えて共通している傾向があり、意味アトラスが生成されているとされる。

3.3 脳計測と AI の融合

また、脳計測のデータと深層学習とを対応付ける試みも始まっている。例えば、2017 年の本 OS で発表のあった [松尾 17] においては、脳活動から画像に関する説明文の生成に関する研究発表があった。映像視聴時の fMRI 活動データに基づくエンコーディングモデルと、視聴映像の Deep Convolutional Neural Network の出力を統合して、LSTM への入力とし、デコーディングを行うことで文章を生成につなげている (図 2)。

3.4 実行できる認知アーキテクチャの進化

脳内の処理を参考にした認知アーキテクチャも実世界

の問題解決ができる程度までに実装される事例が出始めている。例えば、[Mnih 15] においては、強化学習と深層学習を組み合わせた Deep Reinforcement Learning が提案されている。テレビゲームという限定環境ではあるが、ゲームのルールを教示しない状況で、画像の変化と報酬 (スコア) のみによって、複数のゲームに対して同一のフレームワークを適用し、最終的には人間のプレーヤのスコアを上回るルールを獲得している。また [Graves 16] では、Differentiable Neural Computer (DNC) が提案されている。微分可能な外部メモリをもつニューラルネットワークアーキテクチャで、メモリの使い方も学習させることで、構造的なデータを長期的に保存、利用できるようになった。このように深層学習はパターン認識という当初の応用を超えて報酬系の活用や記憶の活用など、部分的に脳内の認識処理以外の部分のモデル化も実装可能かつ課題解決もできる形での拡張が進んでいる。今後、さらに統合的なモデル化、さらにはプラットフォーム化が進むと考えられる。

4. 関連活動と今後の方向性

このように脳科学と AI の境界領域における研究は、今も進展が著しく、また、さらなる研究が求められる分野である。本研究分野に興味をもった読者に向けて、本 OS 以外で類似の活動を行っている、定期的にアクセスすべき研究会などの活動について以下に列挙する。

4.1 全脳アーキテクチャイニシアティブ

著者の一人である山川らは 2014 年に全脳アーキテ

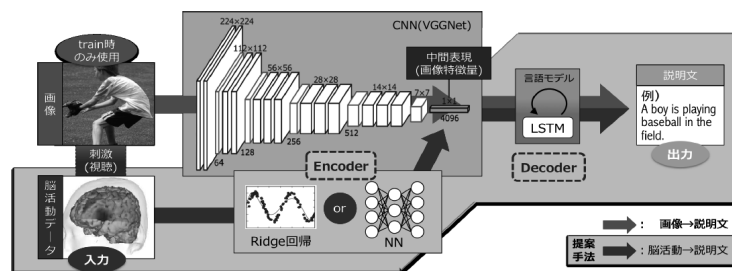


図 2 脳活動データからの文生成システム [Matsuo 17]

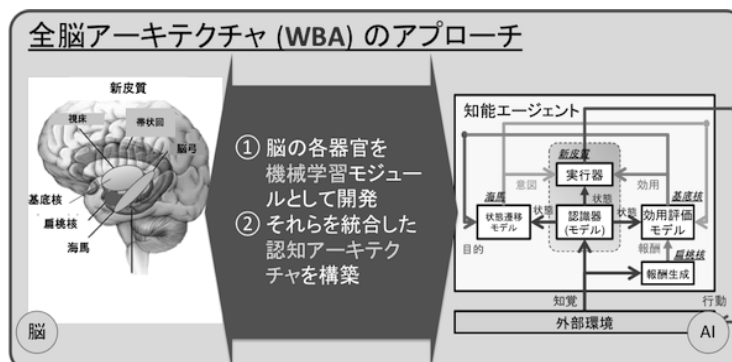


図 3 全脳アーキテクチャのアプローチ

クチャイニシアティブ (<https://wba-initiative.org/>) を NPO 法人として設立した。「脳全体のアーキテクチャに学び人間のよう汎用人工知能をつくる」ことを目的とし、その研究成果や開発成果を広く社会にオープンに共有する活動を推進している (図 3)。その活動は多岐にわたり、関連研究の動向を幅広く紹介する全脳アーキテクチャ勉強会 (<http://www.sig-agi.org/wba>, 2013 年開始) を 16 回開催してきている。また 2016 年 5 月には第 1 回の、2017 年 8 月には第 2 回の全脳アーキテクチャシンポジウムも開催されている。また開発活動として全脳アーキテクチャの実現に向けた、プラットフォームの開発と公開、ハッカソンの運営などを推進している。

4.2 汎用人工知能研究会

人間のように十分に広範な適用範囲と強力な汎化能力をもつ人工知能として汎用人工知能 (Artificial General Intelligence) を定義し、この研究を支える母体として 2015 年に汎用人工知能研究会 (<http://www.sig-agi.org/sig-agi>) が本学会の第三種研究会として設立されている。これまですでに 6 回の人工知能学会汎用人工知能研究会が開催されており、広範囲なテーマでの研究発表事例が蓄積されてきている。

4.3 新学術領域研究など

2016 年度からは、「人工知能と脳科学の対照と融合」 (<http://www.brain-ai.jp/jp/>) というテーマで新学術領域研究がスタートしている。深層学習として知られる脳の構造にならった方式が非常に高い性能を示したことを踏まえ、人工知能と脳科学の研究者の対話と共同作業を深化させることで、新たな研究の展開を生み出すことを目的としている。

さらに 2017 年度からは「脳情報動態を規定する多領域連関と並列処理」 (<http://brainfodynamics.umin.jp/index.html>) というテーマの新学術領域研究もスタートしている。多数の神経細胞が多領域で時空間的に連関しながら織りなす電気・化学信号を同時記録し、その並列処理機構を解釈・モデル化・再現する「脳情報動態学」の確立を目指している。

5. ま と め

本稿ではこれまで 7 年間のオーガナイズドセッション「脳科学と AI」の活動のまとめと、本研究分野の現状と今後、関連の研究会活動などについて紹介した。また、本稿が掲載される本誌今号には、特集「脳科学と AI のフロンティア」として脳科学と AI の境界領域の研究者らによる研究紹介の特集 (pp. 823-876) もされており、

最新動向を概観することができる。

本研究分野は、深層学習をはじめとして機械学習手法の進化と、脳科学研究の進化と連動して、今なお新しい研究が次々と生まれている。これらの研究や関連活動とも連携し、脳科学と AI との融合への道筋を確立するための発表・議論・交流の場として、本 OS を今後も発展させてゆきたいと考えている。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Graves 16] Graves, A., et al.: Hybrid computing using a neural network with dynamic external memory, *Nature*, Vol. 538, pp. 471-476 (2016)
- [Huth 16] Huth, A. G., et al.: Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex, *Nature*, No. 532, pp. 453-458 (2016)
- [Matsuo 17] 松尾映里, 小林一郎, 西本伸志, 西田知史, 麻生英樹: 深層学習による画像刺激時の fMRI 脳活動データからの分生成, 2017 年度人工知能学会全国大会 (第 31 回) 予稿集, 2K3-OS-33a-2in1 (2017)
- [Mnih 15] Mnih, V., et al.: Human-level control through deep reinforcement learning, *Nature*, Vol. 518, pp. 529-533 (2015)
- [Yamins 14] Yamins, D. L. K., et al.: Performance-optimized hierarchical models predict neural responses in higher visual cortex, *PNAS*, Vol. 111, No. 23, pp.8619-8624 (2014)

著 者 紹 介



森川 幸治 (正会員)

1996 年名古屋大学大学院工学研究科後期博士課程修了, 日本学術振興会特別研究員を経て, 1997 年松下電器産業 (現 パナソニック) 入社。現在はパナソニック株式会社 先端研究本部副主幹研究員。脳波解析, 生体情報処理, 機械学習などの研究に従事, 本学会理事 (2017 年度~), ヒューマンインタフェース学会, IEEE などの会員。博士 (工学)。



岡本 洋 (正会員)

富士ゼロックス株式会社研究技術開発本部コミュニケーション技術研究所研究主査。1991 年早稲田大学大学院理工学研究科物理学および応用物理学専攻博士後期課程修了。博士 (理学)。専門は計算論的神経科学, 複雑ネットワーク科学およびこれらからの知見に基づくドキュメント処理。理化学研究所脳科学総合研究センター客員研究員 (2005 年度~)。本学会理事 (2015 ~ 16 年度)。



山川 宏 (正会員)

1992 年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了。工学博士。同年, 株式会社富士通研究所入社。1994 年から 2000 年まで通商産業省 RWC プロジェクトに従事。現在, 株式会社ドワンゴ人工知能研究所所長。本学会 (編集委員会委員長, 汎用人工知能研究会主幹事), 電子情報通信学会, 日本認知科学会, 日本神経回路学会などの各学会員。専門は人工知能, 特に, 汎用人工知能, 全脳アーキテクチャ, 概念獲得, ニューロコンピュータリング, 意見集約技術など。産業技術総合研究所人工知能研究センター客員研究員, 電気通信大学大学院客員教授, 慶應義塾大学 SFC 研究所上席所員, 東京大学医学部客員研究員就任, 特定非営利活動法人全脳アーキテクチャイニシアティブ代表。