

データブレインドリブン汎用知能モデル及び知能健康への応用†

鄒 弘智*

Data-Brain Driven General Intelligence Model with Smart Health Applications†

Hongzhi KUAI*

With the convergence of artificial intelligence, big data and cognitive neuroscience, brain computing has rapidly advanced our understanding of the frontiers on brain intelligence and brain health. This dissertation presents a novel brain computing approach, building a Data-Brain driven general intelligence model (GIM) to realize the human-level intelligence study and develop the brain-inspired intelligent technology towards multi-dimensional wisdom services. One focus of this model is placed on understanding human intelligence towards a human-level AI society, which is validated by exploring brain information-processing mechanisms from both perspectives of functional segregation and integration. In this context, the casual effects between human reasoning and brain patterns in the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), the fronto-parietal connectivity and the fronto-striatal connectivity were verified by using the current approach. Another focus is placed on the smart health applications, for which this model is validated by integrating the computational cognitive neuroscience methods with translational research. In this context, the GIM-based brain patterns were computed to classify the populations between healthy controls and patients with major depressive disorder, which obtained the excepted recognition performance.

Keywords: Brain Informatics, Brain Computing, Data-Brain, Web Intelligence, General Intelligence, Never-Ending Learning, Evidence Combination, Fusion Computing, Translational Research.

1. はじめに

近年の人工知能技術と脳科学を組み合わせることで、人間思考のメカニズムの解明による認知症やうつ病の治療及び人間の学習や推論モデルを応用した人工知能の開発が期待されている。

それに対し本研究では、脳情報学方法論¹に基づいて、人間の脳をひとつのビッグデータを持つ情報処理システムとみなし、階層化された知識(K)-情報(I)-データ(D)アーキテクチャに基づくネバーエント学習をしながら、「体系的な脳機能の研究；多目的に活用する体系的認知実験の設計と実施；知識ベースを考慮した体系的ビッグデータの管理；体系的ビッグデータの分析；汎化知能モデルによる知的サービスの提供」という機能を提供するデータブレインを開発し、革新的な脳ビッグデータコンピューティング方法を提案した。また、認知症・うつ病の病理の解明、治療、予防や、AI・ウェブインテリジェンス(WI)²の新たな可能性を示した。データブレインドリブン汎用知能モデルの基本的な情報処理における機能ブロック図、及び機能ブロック間の主な情報処理連携を図1

「人間の脳をひとつのビッグデータを模倣した汎用知能モデル」の思考に触発され、思考をサポートする情報処理」に示す^{3,4}。推論メカニズムは共通コア機能として動作する。

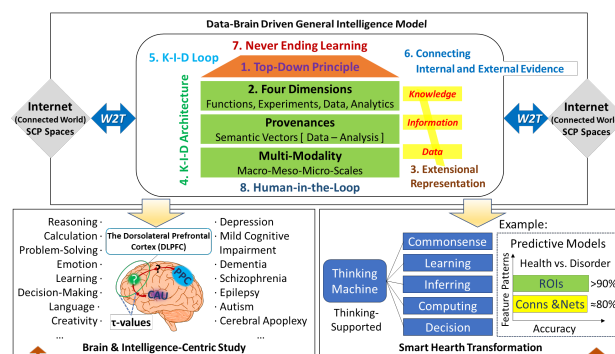


図1: 人間の脳をひとつのビッグデータを模倣した汎用知能モデル。

† 原稿受理 令和4年2月28日 Received February 28, 2021

* 環境・生命工学専攻・生命工学分野 (Department of Environment and Life Engineering)

2. 論文構成

本論文では、全 7 章から構成されており、その概要は以下の通りである。第 1 章では、序論として研究の背景と方向性及び枠組みについて示した。第 2 章では、人間の認知と機能障害、脳を対象とする fMRI 技術と脳情報学方法論を活用し、世界範囲の重大な脳研究の現状に関して 4 つの側面から整理した。第 3 章では、データブレインドリブン汎化知能モデルを提案し、KID アーキテクチャ、ネバーエンド学習、体系的認知実験の設計と実施ルールなどについて述べた。第 4 章と第 5 章では、脳機構の機能分離の観点から単変量及び多変量パターン分析法、脳機構の機能統合の観点から中心性を定量化する脳機能的ネットワーク指標の評価法について、それぞれを開発し、さらに提案した汎化知能モデルは人間の帰納的推論の神経メカニズムの解明に応用し、提案した汎化知能モデルの有効性を示した。第 6 章では、橋渡し研究として、提案法のうつ病患者の脳機能異常の解明や知能健康への応用を試みた。第 7 章は総括であり、申請論文の研究成果をまとめ、今後研究や社会実装に向けた解決すべき問題について展望した。

3 レイアウト

3.1 階層化された知識-情報-データビッグデータセンター、すなわち KID アーキテクチャ

知識層 K：脳機能、実験タスク、データ管理及び分析方法の視点から体系的な脳機能研究プロセスを表現するための複数のナレッジグラフ⁵。

情報層 I：セマンティックベクトルの形式でソースの多面的な情報を記録するマルチ情報ウェアハウス。

データ層 D：マルチ課題の脳機能画像ビッグデータを中心として、マルチモーダル・マルチスケールのビッグデータの体系的な管理。

3.2 データブレインドリブン汎化知能モデルとするネバーエンド学習 NEL エージェント

ネバーエンド学習⁶は、人間のように、何年にもわたる多様な主に自己監督の経験から、以前に学んだ知識を使用してその後の学習を改善し、プラトーを回避するための十分な内省を備えた多くの種類の知識を学習しながらパフォーマンスが向上する。KID アーキテクチャに基づいて、思考空間⁷としての KID ループを構築し、人間のように機能するネバーエンド学習 (NEL : Never Ending Learning) で革新的な脳ビッグデータコンピューティング方法を提供する。

3.3 多目的に活用する体系的認知実験の設計と実施

まず脳認知機能研究の目的に応じて主な実験タイプと補助実験タイプ、及び各実験タイプの関連性の推論ルールを制定し、体系的な実験の設計と実施のテンプレートグラフを作成する。次に脳ビッグデータセンターから新しい実験タスクをサンプリングし、データブレインモデルと推論ルールを組み合わせ、新しい実験タスクの属する補助実験タイプを識別し、設計した実験タスクを実験テンプレートグラフに記入する。すべての実験タイ

プが設計されるまで、上記の手順を数回実行する。この技術により、体系的な高次脳機能の研究のため、人間参加型 (HITL : Human-in-the-Loop) の体系的な脳ビッグデータの収集、多面的な解析・理解が可能となる。

3.4 ネバーエンド学習による課題 fMRI 脳ビッグデータの融合と体系的分析

まず主な実験と補助実験、各実間の推論ルール、証拠の重みを含む実テンプレートグラフを制定する。次に実験テンプレートグラフに従って、脳ビッグデータセンターから解析が必要なデータ・情報・知識を取得し、KID ループにおけるマルチ課題 fMRI 脳機能画像を多面的に解析しながら、複数の証拠に基づいた不確実性推論や融合的計算を通じて、複雑な脳機能の解明、心理状態の解読、神経難病や精神病態の診断⁸を行う。

参考文献

- 1) N. Zhong, et al., Brain Informatics-Based Big Data and the Wisdom Web of Things, *IEEE Intelligent Systems*, 30(5): 2-7, 2015. The IEEE, ISSN: 1541-1672
- 2) N. Zhong, et al., Envisioning Intelligent Information Technologies Through the Prism Of Web Intelligence, *Communications of the ACM*, 50(3): 89-94, 2007. The ACM, ISSN: 0001-0782
- 3) H. Kuai, et al., The Extensible Data-Brain Model: Architecture, Applications and Directions, *Journal of Computational Science* 101103, 2020. Elsevier, ISSN: 1877-7503
- 4) H. Kuai, et al., Web Intelligence Meets Brain Informatics: Towards the Future of Artificial Intelligence in the Connected World, *World Wide Web-Internet and Web Information Systems*, 25(3): 1223-1241, 2022. Springer, ISSN: 1573-1413
- 5) H. Kuai, et al., Multi-Source Brain Computing with Systematic Fusion for Smart Health, *Information Fusion, an International Journal*, 75: 150-167, 2021. Elsevier, ISSN: 1566-2535
- 6) T. Mitchell, et al., Never-Ending Learning, *Communications of the ACM*, 61(5): 103-115, 2018. The ACM, ISSN: 0001-0782
- 7) H. Kuai, et al., THINKING-LOOP: The Semantic Vector Driven Closed-Loop Model for Brain Computing, *IEEE Access, a Multidisciplinary, Open Access Journal of the IEEE*, 8: 4273-4288, 2020. ISSN: 2169-3536
- 8) H. Kuai, et al., Exploring the Brain Information Processing Mechanisms from Functional Connectivity to Translational Applications, *The 14th International Conference on Brain Informatics (BI 2021), Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol 12960. Springer