

金井 良太

(株)アラヤ
代表取締役

神経科学の公理的計算論と工学の構成論の融合による人工意識の構築と
その実生活空間への実装

§ 1. 研究実施体制

(1) 金井グループ

- ① 研究代表者: 金井 良太 ((株)アラヤ、代表取締役)
- ② 研究項目
 - ・ 統合情報理論の高速計算アルゴリズムの開発
 - ・ 実神経データにおける統合情報量 Φ の計算
 - ・ 内発的動機を持つエージェントの構築

(2) 川鍋グループ

- ① 主たる共同研究者: 川鍋 一晃 ((株)国際電気通信基礎技術研究所認知機構研究所、主幹研究員)
- ② 研究項目
 - ・ コンテキスト依存の眼球運動計測のための実験
 - ・ 日常環境実験データに対する行動・物体・位置のラベル付与
 - ・ 自己位置推定・障害物回避機能を備えたモバイルロボットを製作

(3) 前川グループ

- ① 主たる共同研究者: 前川 卓也 (大阪大学大学院情報科学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ Kinect および人が携帯するスマートフォンを用いた行動認識手法の開発
 - ・ 屋内位置推定手法を開発
 - ・ インパルス応答や磁気センサを用いた屋内位置のセマンティクスを推定する手法を開発

§ 2. 研究実施の概要

本研究は、人工意識の構築に向けて現在3つのアプローチを並行して進めている。1 つ目は人工知能に意識があるかどうかを情報理論的に判別する基準として、どれだけシステム内部で情報が統合されているかを定量的に評価する方法の確立である。そのために、統合情報理論と呼ばれる意識の理論における意識の指標である Φ を計算可能とし、実システムに適用することを計画している。2 つ目のアプローチは、意識の機能的側面としての自発的な行動を創発させるメカニズムを人工エージェントに持たせることである。そのために、自分の知らないことをメタ認知し、新しい情報を得て学習することが報酬となるような「好奇心」を人工知能エージェントに持たせる手法の開発を行っている。3つ目は、上記の統合情報量と好奇心という内的な意識の条件を満たす人工知能とインタラクションすることで、人間の側が人工知能に意識があるという感覚を抱くようなシステムの開発を目指し、その過程として人間の行動をセンサ情報から認識する知能システムの構築に取り組んでいる。これら3つ点のアプローチについての顕著な研究成果を紹介する。

顕著な成果①「統合情報理論の進化」

本研究では、人工知能システムの中に意識が宿っているかを判定するために、統合情報理論における Φ の計算を実現することを一つの目標としている。しかし、 Φ の計算量がノード数の指数関数的に増大するため、ノード数が10程度のシステムですでに計算が困難となっていた。この課題を、 Φ の劣モジュラ性を仮定することで計算を高速化し、その妥当性を数値実験により示すことができた。この成果は国際紙 *Entropy* に採択され表紙を飾った (Kitazono, Kanai, Oizumi, 2018)。この成果により、一気に実システムでの統合情報量の評価が可能となり、人工知能システム及び実神経システムにおける統合情報理論による意識の評価が可能となり、次年度以降に成果が期待される多くの研究プロジェクトを立ち上げることができた。

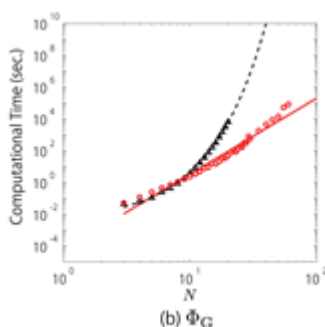


図 1. 従来の方法(黒)では指数関数的に計算時間が増えるのに対し、新手法(赤)では多項式時間で Φ の計算が可能となった。



図 2. 本研究は *Entropy* 誌の表紙に選ばれた。

顕著な成果②「人工好奇心のニューラルネットによる実装」

人工知能が自律的に行動を起こす仕組みとして、「人工好奇心」とも呼ばれる、自ら情報を取りに行くメカニズムをニューラルネットによって構築することを目指してきた。これまでは、自由エネルギー原理の文脈での知的価値 (Epistemic Value) などを人工好奇心の実装手段としたアプローチをとってきたが、今年度は、エージェントと環境との間での「情報の流れ」という観点から、好奇心とエンパワメントという2種類の内発的動機を統一的に記述する方法を取り、それを近似的にニューラルネットで実装することで、新たな好奇心の実装方法を提案した (Magrans de Abril & Kanai, NIPS Workshop, 2017)。

顕著な成果③「生活空間での認識システム構築」

構成論的アプローチでは、人間を理解する人工知能システムの構築を目指しており、「日常生活での人間の行動の認識」に主眼をおいている。この研究において特に顕著な成果としては、川鍋グループの宮西が、前川グループとの共著で、生活空間での人の行動をマルチセンサデータより自動で認識するシステムを発表した (Miyanishi et al., AAAI-2018)。この研究では、身体の運動を加速度センサの信号から認識し、視野に存在する物体を一人称カメラより認識し、どの部屋にいるのかという場所情報を同時に時系列データとして整理し、推定されている行動・物体・場所の情報より、いつ・どこで・何をしたというセマンティックな情報に変換することに成功した。

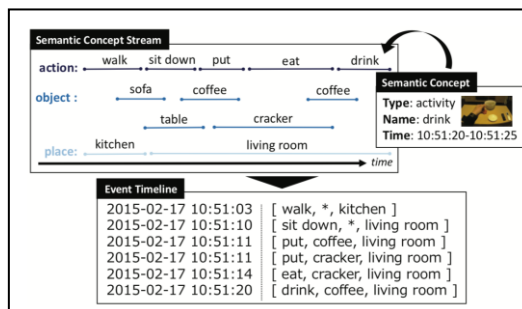


図 3. 宮西の開発した行動認識システムの概念図

- [1] Kitazono, J., Kanai, R., Oizumi, M. Efficient Algorithms for Searching the Minimum Information Partition in Integrated Information Theory. *Entropy*, 20,3, 173, 2018.
- [2] de Abril, I.M., Kanai, R. Curiosity-driven reinforcement learning with homeostatic regulation. *NIPS Workshop: Cognitively Informed Artificial Intelligence: Insights From Natural Intelligence*, 2018.
- [3] Miyanishi, T., Hirayama, J., Maekawa, T., Kawanabe, M. Generating an Event Timeline about Daily Activities from a Semantic Concept Stream. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-18)*, 2018.