

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  $\Phi$  の計算
  - ・自由エネルギー最小化原理実装に向けたプログラム作成

### (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、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、大きく2つの分野の融合を目指している。ひとつは「公理的計算論」と呼んでいるアプローチで、意識を統合情報理論などの観点から理論的に捉え、神経回路ネットワークなどが持つ意識の評価法を確立することである。もうひとつは、「構成論」と呼んでいるアプローチで、マルチセンサから人間の行動推定を行う実システムの構築を通じて、意識に重要と考えられる注意や言語化の機能を実現することである。この2つのアプローチは、それぞれシステムを内側と外側という観点から分析し、究極的には意識をもった人工知能の構築方法の開発を目指すものである。

今年度における「公理的計算論」アプローチの主たる成果としては、大泉らの研究により統合情報理論における情報の統合の指標である $\Phi$  (ファイ)を、情報幾何学の観点から再解釈することにより、これまで知られていた移動エントロピーや相互情報量との関係が明らかになったことである。この研究では $\Phi_0$ という新しい指標を提案し具体的なシステムにおける計算方法を確立した。この結果は米国科学アカデミー紀要にて発表した(Oizumi,2017)。「自由エネルギー原理」の実装に向けてこれまで柔軟にエージェントを構築することが困難であったが、ニューラルネットワークでの実装が可能であることが明らかになりコンセプトペーパーの執筆を行った(Guttenberg et al., 2017)。さらに、これまで統合情報理論と自由エネルギー原理に依存して研究を進めてきたが、それらの統合に向けた「情報生成理論」という本研究グループ独自の新しい理論の開発に取り組み始めている。本理論では、これまで意識と情報処理(圧縮)との関係に重点が置かれていたのに対し、「反実仮想」という現前に存在しない事象を、生成モデルにより内的に生成する機能が意識の生成に本質的ではないかということ唱えている。

「構成論」のアプローチでは、人間の脳が視覚聴覚などの多様な感覚情報が統合するように、多数の異なるセンサデータから、人間の行動認識を実現する「モニタリングモジュール」を構築している。これに向けての今年度の成果としては、視線計測用眼鏡、深度カメラ、加速度センサ、心電計測スポーツウェア、位置推定用 Bluetooth ビーコン、スマホ内臓センサのデータを同時に収集できる計測システムを構築した(川鍋グループ)。マルチセンサデータから得られた行動・場所・見えている物体に関する推定ラベルに基づき、言語モデル、時間的近接性、日常行動モデルを利用して、実環境で起こる出来事を説明する文の自動生成アルゴリズムを開発した。生成した文の統計的な正しさを評価したところ、従来法に比べて大幅な改善が見られた(宮西他、2017)。生活中的マルチセンサストリームの長時間データから、意味のある少数の時区間を抽出する技術を開発し、一人称映像と加速度データの複数情報源から key frame を抽出する機械学習法を開発した(Li et al., 2017)。さらに、スマートグラスのカメラによって捉えられた視線方向の画像を、加速度データや Wi-Fi データから得られる行動や屋内位置情報と組み合わせることで高精度な家電特定を実現し、ユビキタスコンピューティングのトップ会議である Ubicomp2016 にフルペーパーとして発表した(採択率 23%)。さらに、屋内位置推定に関する研究開発を行い、スマートフォンのスピーカとマイクから得たインパルス応答やスマートフォンの磁気センサなどにより、ユーザが現在居る場所(部屋)の「オフィス」や「トイレ」などといったセマンティックラベルの推定を実現し、ユビキタスコンピューティングのトップ会議である Ubicomp2016 にフルペーパーとして発表した(採択率 23%)。

今年度には、従来の意識研究の数理的理論から「情報生成理論」という新しい理論的フレームワークを生み出したことにより、反実仮想という過去や未来の状況を内的に生成し、その情報を行動選択に利用するエージェントの構築を開始した。この技術は、生活空間における人間の行動認識の実システムでの応用の可能性が見えており、さらに実システムの開発における機能的実用性の追求から意識メカニズム解明へ向けた新しい視点の発見を期待している。