

津田 一郎

中部大学創発学術院  
教授

脳領域／個体／集団間のインタラクション創発原理の解明と適用

## § 1. 研究実施体制

### (1) 創発原理グループ

- ① 研究代表者:津田 一郎 (中部大学創発学術院、教授)
- ② 研究項目
  1. 拘束条件付き自己組織化理論の開発
    - ・変分原理の適用:失敗例の作成と対策
  2. 機能分化の数理モデルの開発
    - ・入力追加とリザバーコンピューティングの導入計画

### (2) 脳領域・ロボットグループ

- ① 主たる共同研究者:河合 祐司 (大阪大学大学院工学研究科、助教)
- ② 研究項目
  - ・脳領域間のインタラクション創発シミュレーション
  - ・ヒト・ロボットインタラクション実験

### (3) 個体内／個体間グループ

- ① 主たる共同研究者:菊知 充 (金沢大学子どものこころの発達研究センター、教授)
- ② 研究項目
  - ・MEG による個体内脳機能解析
  - ・ハイパースキャン MEG による個体間脳機能解析

### (4) 個体間／集団間グループ

- ① 主たる共同研究者:松田 一希 (中部大学創発学術院、准教授)

② 研究項目

- ・階層社会に関するデータを収集するための野生霊長類の予備観察
- ・運動パターン分節化に関する研究を解するための実験室の整備
- ・認知バイアスに関する研究を開始するための予備実験

(5) 集団内／集団間グループ

① 主たる共同研究者: 亀田 達也 (東京大学大学院人文社会系研究科、教授)

② 研究項目

- ・視線計測装置と生理計測装置を同期させつつ、被験者 2 人を対象に行動計測を行うインタラクティブな実験システムの構築
- ・収束現象を解析するための強化学習モデルの開発
- ・反応生成関数の同期化が生じるメカニズムの計算論的理解に向け、予備的な一連のパイロット実験の実施
- ・視線活動と生理反応の三者同時計測による、被験者 3 人のインタラクション実験系の開発

## § 2. 研究実施の概要

H29年度は0.5年の研究期間であり、領域全体のキックオフミーティングに参加すると共にチームのキックオフミーティングを行い、チーム全体の研究方針を確認した。また、H29年度最終のH30年3月にはさらにキックオフ国際シンポジウムをRISTEX「人と情報のエコシステム」領域「自律性の検討に基づくなじみ社会における人工知能の法的電子人格」(河合G研究参加者の浅田稔が代表)との合同で行った。

### (1) 創発原理グループ

#### 1. 拘束条件付き自己組織化理論の開発

具体的なモデルで失敗例を作った。ファンデアポル方程式を多重安定領域に固定し、外力を与えることで軌道を安定固定点に制御することを拘束条件付自己組織化原理による定式化によって構成した。適切でない拘束条件を与えると固定点が不安定化して制御が失敗することを確認した。

#### 2. 機能分化の数理モデルの開発

準備研究で構築したランダムネットワークからの2モジュール分化のニューラルネットに二つの異なる入力を与え、リザーブコンピューティングを導入することで、ネットワークが機能分化する数理モデルの構築計画をたてた。

### (2) 脳領域・ロボットグループ

脳活動は動的であり、身体を通じた環境とのインタラクションによって即時的に適応し、機能を発現させる。本グループはその原理としての機能分化理論に基づいて、時間的に変化する身体や環境に適応可能な人工エージェントの設計を目的とする。平成29年度は、人工エージェントのシミュレータを構築し、その基礎的な実験を実施した。身体とニューラルネットワークのカップリング系を構成し、神経可塑性に基づいてニューラルネットワークを自己組織化させた。その結果、個々のニューロンの表現が身体運動に対応するように分化し、その結果、身体の振る舞いの学習が促進されることを明らかにした。次年度では、機能分化理論を陽にモデルに導入することで、様々な課題に即時適応可能なエージェントの設計を目指す。また、ヒトとロボットのインタラクション実験の実施に向けて、人を対象とする他グループと協働して実験計画の立案を行った。

### (3) 個体内／個体間グループ

本グループでは、二者間、特に親子間のインタラクションが行われているときに起こる脳活動の変化に着目し、研究を行う。近年社会的な関心が寄せられている自閉スペクトラム症(ASD)児は、定型発達(TD)児とは異なるインタラクション様式を持つことが知られているが、その神経基盤はまだ明らかではない。平成29年度は、過去に金沢大学で取得したMEGデータに対し、時間軸を考慮した脳信号の複雑性を評価できるマルチスケールエントロピーと、脳領域間の結合状態を評価できるPLI(phase lag index)を適用し、脳のネットワーク構造を描出する再解析を行った。また、次年度に親子同時脳機能計測を始めるにあたり、実験計画の立案と予備調査を行った。

#### (4) 個体間／集団間グループ

霊長類の個体間、群れ間のインタラクションに着目し、フィールド観察、認知実験というマクロとミクロの視点から集団が形成される仕組みを生物進化の中で解明し、データに隠れた数理構造を抽出することが、個体間／集団間グループの使命である。今年度は特に、テングザルをモデル生物として、鼻という外部形態・発声を通じた雌雄間のコミュニケーション・そしてコミュニケーションを規定する独自性の高い階層的な社会、そのような要素全てに相関現象を確認した。本発見では、全ての要素に相関現象があることから、それらの要素が互いにインタラクションすることで、全ての要素の特殊化を加速させたことを示唆することができた。また、運動パターン分節化に関する研究ならびに、認知バイアスに関する研究を実施するための設備整備、予備実験もあわせて実施した。

#### (5) 集団内／集団間グループ

本年度は、研究項目1「規範形成の基礎メカニズムの解明」に係る実験に注力した。視線計測装置と生理計測装置を同期させつつ、2人のヒト個体がインタラクションを行う中で、行動（物理的認識や社会的価値の判断）に収束が生じるメカニズムを明らかにする実験系を確立した。収束現象を解析するための強化学習モデルの開発を行い、反応生成関数の同期化が生じるメカニズムの理解に向け、全部で200名程度の被験者を対象にパイロット実験を実施した。さらに、視線活動と生理反応の同時計測を、被験者3名によるインタラクション場面に拡張し、二者相互作用では見られないパターンを検討する実験系を開発した。

Koda H, Murai T, Tuuga A, Goossens B, Nathan S, Stark DJ, Ramirez DAR, Sha JCM, Osman I, Sipangkui R, Seino S, and Matsuda I, "Nasalization by *Nasalis larvatus*: Larger noses audiovisually advertise conspecifics in proboscis monkeys", *Science Advances*, 4(2):eaq0250, 2018.