

人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開
2017 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書

津田 一郎

中部大学 創発学術院／中部大学 AI 数理データサイエンスセンター／北海道大学 国際理学連
携教育センター／玉川大学 脳科学研究所
院長・教授／センター長／招へい研究員／特別研究員(客員教授)

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. 研究成果の概要

本チームの目的は(1)複雑な環境との相互作用を介して機能分化し環境に即時適応する人工システムの構築、(2)機能分化を可能にする拘束条件付き自己組織化の原理の開発、ならびに社会的な拘束条件となりうる集合知の成立条件の確立、(3)脳領域、個体、集団の各層に働くインタラクションの解析である。これを達成するために、昨年度までに拘束条件付き自己組織化理論を変分原理の形で定式化し、これに基づく機能分化の数学モデルを提案し、社会的な拘束条件として集合知条件を求める研究を行った。またリザーバーコンピューターを拡張した進化的リザーバーコンピューター(ERC)の開発を行った。昨年度までに ERC の基本設計は完了し、今年度はこれに基づいて即時適応を実現するための研究を行い、数理モデルにおいて大きな成果が上がった。

モジュール型 RC を工夫することで記憶容量を現在最高性能のマシンの 20 倍以上に伸ばすことができたこと、またロレンツカオスのような複雑な時系列刺激に対して即時適応し、学習できたこと(真の時系列と 96%以上の相関)である。この高性能の背景には各モジュール出力が互いに高い直交性を有するように自己組織化したことが挙げられる。

子どもの個体内 MEG 研究から、親子関係という親密さはアルファ帯域のネットワークにおける機能的結合の高まりをもたらすことが明らかになった。

ケージ内における 5 頭のニホンザルの行動解析を AI を使って行った。ある個体の位置推定に他個体の位置が有効か否かで個体間の相互作用の強さを表現した結果、他から影響を受けるが他個体へ影響を与えられない従属個体の存在が明らかになった。この結果は別の行動解析と整合している。

人の社会行動における集合知発生実験として確率的多腕バンディッドゲームを行った。報酬の空間分布(バンディッドの空間配置により発生)をガウス型の放射基底関数で発生させ、単独で行う場合と他者の直前の行動情報を得た場合を比較した。他者の戦略情報が得られる場合には放射基底関数のハイパーパラメーターに関する知識がペアー間にも高い相関で得られていることが明らかになった。これは抑制的な協力条件のもとでメタ知識が集合知として得られたことを意味している。また社会的反響の大きかった成果として、大規模ツイート分析によって反ワクチン運動に関する道徳的分断を示すツイートの傾向を明らかにした。

§ 2. 研究実施体制

(1) 創発原理グループ(中部大学)

- ① 研究代表者:津田一郎 (中部大学創発学術院 院長 教授)
- ② 研究項目
 - ・拘束条件付き自己組織化の理論構築
 - ・機能分化の数理モデル開発
 - ・トポロジカルデータ解析

(2) 脳領域・ロボットグループ(大阪大学)

- ① 主たる共同研究者:河合 祐司(大阪大学先導的学際研究機構 特任准教授)
- ② 研究項目
 - ・脳領域間インタラクションモデルの構築
 - ・精神疾患モデルへの拡張
 - ・ヒト・ロボットインタラクションに向けた筋骨格ロボット実装

(3) 個体内／個体間グループ(金沢大学)

- ① 主たる共同研究者:池田 尊司 (金沢大学子どものこころの発達研究センター 助教)
- ② 研究項目
 1. MEG による個体内脳機能解析
 - ・MEG データの個体内解析
 2. ハイパースキャン MEG による個体間脳機能解析
 - ・親子間インタラクションの神経基盤解明に向けた MEG データの解析
 3. 触れ合いを伴うインタラクションの神経基盤
 - ・抱擁型デバイスを用いたインタラクション実験のfMRI データ取得と解析

(4) 個体間／集団間グループ(中部大学)

- 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
 1. 集合知発生条件の探索
 2. 社会性発現の内部機構の探索
 3. 運動パターン分節化に関する研究
 4. 認知バイアスに関する研究

(5) 集団内/集団間グループ(東京大学)

- 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
 1. 規範形成の基礎メカニズムの解明

- ・2019年度で終了
- 2. 集団での行動選択における同期・非同期プロセスの解明
 - ・協働情報探索場面におけるメタレベルの集合知発生をめぐる実験
 - ・カラス集団における地位序列に関する実験
- 3. 社会における Moral Divide を生み出す心的・生態学的・構造的要因の理解
 - ・政治的文脈における情報カスケード実験
 - ・ソーシャルメディアにおける道徳的分断の検討(反ワクチン運動をめぐる分断)

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Kawai, J. Park, I. Tsuda and M. Asada, Learning long-term Motor Timing/Patterns on an Orthogonal Basis in Random Neural Networks, submitted, 2022.
- 2) I. Tsuda, H. Watanabe, H. Tsukada, and Y. Yamaguti, On the Nature of Functional Differentiation: The Role of Self-Organization with Constraints, *Entropy* 2022, 24, 240. <https://doi.org/10.3390/e24020240>
- 3) Hasegawa C, Takahashi T, Ikeda T, Yoshimura Y, Hiraishi H, Nobukawa S, Saito D, Kumazaki H, Yaoi K, Hirata M, Asada M, Kikuchi M. “Effects of familiarity on child brain networks when listening to a storybook reading: A magneto-encephalographic study”, *NeuroImage*, vol. 241, pp. 118389, 2021
- 4) Toyoda A, Maruhashi T, Kawamoto Y, Matsudaira K, Matsuda I, Malaivijitnond S (2022) Mating and reproductive success in free-ranging stump-tailed macaques: Effectiveness of male-male coalition formation as a reproductive strategy. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10:802012. doi: 10.3389/fevo.2022.802012
- 5) Naito, Katahira & Kameda, Insights about the common generative rule underlying an information foraging task can be facilitated via collective search. *Scientific Reports*, 12, 8047 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12126-3>