

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

2020 年度 年次報告書

津田 一郎

中部大学創発大学院／北海道大学大学院理学研究院／玉川大学脳科学研究所／大阪大
学工学部

教授／招へい研究員／特別研究員(客員教授)／非常勤講師(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、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ている。また、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ている。リザーバーコンピューターを拡張した進化型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開始した。ERC内にモジュール構造を自己組織させるための拘束条件としてシナプス結合コスト最小を発見し、すでに発見していた進化したリザーバー内のネットワーク構造である small world 性やフィードバック結合を含むフィードフォワード結合と共にリザーバーコンピューターを最適化するための構造を明らかにした。霊長類社会において過度な競争を排した負け組をグループ内に取り込む戦略の結果生まれた多重ネットワーク構造を隊列行動の観察データからネットワーク解析によって発見した。また、人社会の集合知条件として各個体の独立性の確保と局所的な知識共有(協調行動)という条件を発見した。さらに罰則規定は麻薬効果があること、適応的なナッジが協調行動に有効である可能性などを示唆する結果を得た。脳内・脳間インタラクションにおいては、インタラクションにおける脳活動データの新しい複雑性指標を発見した。これによって深層学習でのデコーディングの正確さを格段に向上させることができた。さらに、ハイパーインタラクションの計算、ハグビーを使った遠隔インタラクション実験の準備を行った。

§ 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 教授)
- ② 研究項目
 - ・拘束条件付き自己組織化の理論構築
 1. 拘束条件付き変分原理の定式化
 - ・機能分化の数理モデル開発
 1. 進化型リザーバーコンピューターによる機能分化の実現
 - ・トポロジカルデータ解析
 1. フィールドデータのネットワーク解析

(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(大阪大学先導的学祭研究機構 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

1. スモールワールド構造を持つリザーバーコンピュータの開発
2. 結合コスト最小化に基づく進化型リザーバーコンピュータの開発
- 精神疾患モデルへの拡張
 1. 興奮性/抑制性バランスの崩れに基づく自閉スペクトラム症の計算論モデルの開発
 - ヒト・ロボットインタラクション
 1. 機能分化原理に基づくマルチエージェントシミュレーション
 2. リザーバーコンピュータのヒューマノイドロボットへの適用の検討

(3) 個体内／個体間グループ

- 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

- 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

- 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
 - 協力規範と罰則システムの相互規定性に関する大型集団実験
 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
 - 情報カスケードパラダイムを用いた集合知の発生機序に関する実験
 - 変動環境下における集合知の発生とネットワーク構造に関する集団実験
 - 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

【代表的な原著論文情報】

1. Y. Yamaguchi and I. Tsuda, “Functional differentiations in evolutionary reservoir computing networks”, *Chaos*, 31(2021) 013137-1-14.
2. 河合祐司, “脳神経のふう雑ネットワークの機能的意義”, システム／制御／情報, 「複雑ネットワーク研究の最前線」特集号、2021年(出版印刷中).
3. H. Koda, Z. Arai, and I. Matsuda, “Agent-based simulation for reconstructing social structure by observing collective movements with special reference to single-file movement”, *PloS One* 15:e0243173. doi: 10.1371/journal.pone.0243173
4. Furutani, N., Nariya, Y., Takahashi, T., Ito, H., Yoshimura, Y., Hiraishi, H., Hasegawa, C., Ikeda, T., and Kikuchi, M., “Neural Decoding of Multi-Modal Imagery Behavior Focusing on Temporal Complexity”, *Frontiers in Psychiatry*, vol. 11, pp. 746, 2020
5. Jayles, B., Escobedo, R., Cezera, S., Blanchet, A., Kameda, T., Sire, C., & Theraulaz, G. (2020). The impact of incorrect social information on collective wisdom in human groups. *Journal of The Royal Society Interface*, 170. doi:10.1098/rsif.2020.0496