

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. 研究成果の概要

拘束条件付き自己組織化を最適制御として実現するための典型例としてボンフォッファー・ファンデルポル方程式を取り上げ、このシステムの安定振動解を安定固定点に制御する方法をディスカウント付き制御として数学的に厳密に定式化した。目的を達成するための良い初期条件を探索するパラメーター領域を確定した。

脳の機能分化の数理モデルに関して、進化的リザーブコンピューター(ERC)の提案を行い、その開発に着手した。視覚情報と聴覚情報を同時入力し、エラー最小という拘束条件下で進化ダイナミクスを走らせると、視覚情報、聴覚情報それぞれに特化して反応するニューロンユニットが分化することを発見し、その情報構造とともにネットワーク構造を調べた。初期のランダムネットワークがフィードバック構造を内包するフィードフォワードネットワークへと構造変化を起し、入力層、中間層、出力層という階層構造を持つアーキテクチャーが機能分化に最適であること、さらにフィードバック回路はフィードフォワード回路にたいして  $1/5$  から  $2/3$  の比率を持つことが分かった。この比率は最近マウス、ラット、ヒトの脳新皮質で調べられた局所回路の構造と良い一致を示している点は興味深い。

さらに、入力情報の伝搬量最大化を拘束条件とした力学系のランダムネットワークにおいてどのような部品ユニットを生成するかを詳しく調べ、ニューロンやグリア細胞の動特性と類似のユニットが進化することを発見した。

#### 【代表的な原著論文】

1. Ogawa, A., and Kameda, T., "Dissociable roles of left and right temporoparietal junction in strategic competitive interaction", *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 14, Issue 10, pp.1037-1048, 2019

2. H. Watanabe, T. Ito and I. Tsuda, A mathematical model for neuronal differentiation in terms of an evolved dynamical system, *Neuroscience Research*, in press (Available online 18 February, 2020).
  
3. Takashi Ikeda, Tetsuya Takahashi, Hiroto Hiraishi, Daisuke N. Saito and Mitsuru Kikuchi, "Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Induces High Gamma-Band Activity in the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex During a Working Memory Task: A Double-Blind, Randomized, Crossover Study", *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 13, 2019

## § 2. 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

・拘束条件付きハミルトン系とバコミック力学による理論の展開

2. 機能分化の数理モデルの開発

・空間パタン(視覚情報)と時間パタン(聴覚情報)に対してそれぞれ機能分化し特異的に反応する拡張リザーブコンピューターの開発

### (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 (大阪大学先導的学際研究機構 特任講師)

#### ② 研究項目

1. 脳領域間インタラクションモデルの構築

・結合コスト最小化を拘束条件とした進化的リザーブコンピューティングの開発

2. 精神疾患モデルへの拡張

・興奮性/抑制性バランスの崩れによる自閉症スペクトラム症のスパイクニューラルネットワークモデル

3. ヒト・ロボットインタラクションの分析

・二つの神経ネットワーク間のインタラクションの分析

・ロボットに応用可能な進化的小脳リザーブネットワークの検討

### (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

・視覚的作業記憶および聴覚情報処理を司る神経基盤解明のための MEG データの収集と解析

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 データの収集と解析

### (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. 階層社会に関する研究

2. 全個体同時追跡技術を利用した社会創発機構に関する研究

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
  - ・人、エージェントとの戦略的インタラクションにおける神経機序の理解
  - ・なだらかな(離散的ではない)資源分布をもつ生態環境における集合知の成立メカニズムに関する集団実験
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
  - ・LGBT ツイートを用いたソーシャルメディアにおける道徳的分断の検討