

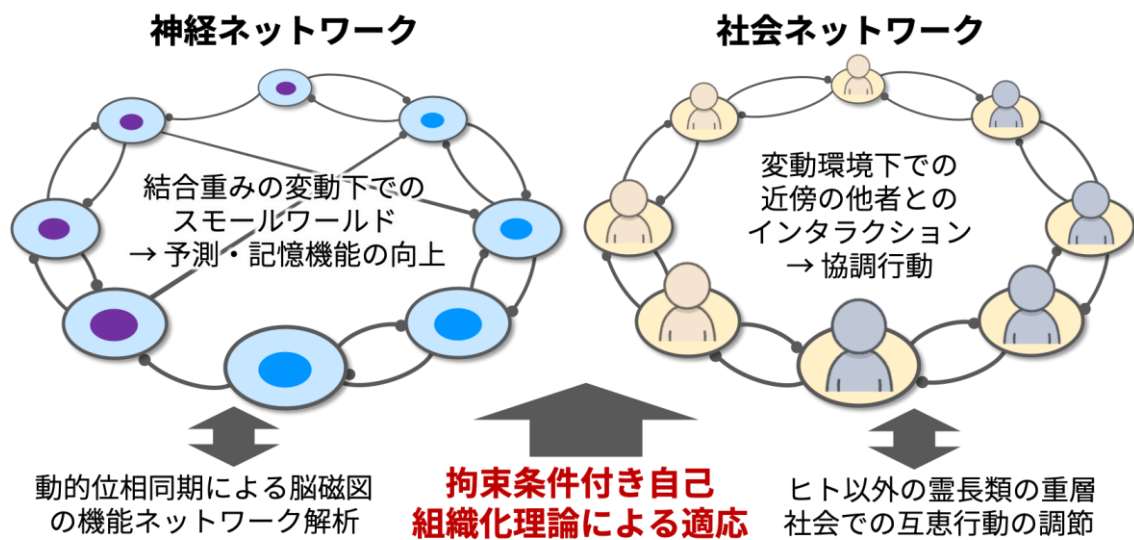
津田 一郎

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

ネットワーク化された複雑な環境に即時に適応しその場での機能を発揮するエージェントの原理を解明し、その数学的なモデルを開発することで新しいエージェント概念を提供することを目標にしている。そのために、進化的な観点、個体発達の観点、さらには社会的な観点をも取り入れて環境から受ける拘束条件を精査し、分類している。また、これらの研究から集合知が生まれてくる条件を明らかにすることを目指している。本年度は次のような成果が上がった。目標を達成するために、まず脳の機能分化の数学原理の解明に挑戦している。これが解明されれば世界で初の成果になる。昨年度構築した拘束条件付き自己組織化理論の枠組みにおいて、具体的な拘束を拡張リザーブコンピュータに与え、時間パターン(聴覚情報)と空間パターン(視覚情報)にそれぞれ特化した反応を示すユニットが機能分化することを発見した。またニューラルネットワークがどのような構造を持つときに最も機能分化が進むかを検討した結果、近傍ノード同士がつながるネットワークに若干の長距離結合を加味したスモールワールドネットワークが環境の時系列に対する予測機能や記憶容量を増加させるという結果を得た。このことは脳のダイナミクスの発達過程の解析方法に示唆を与え、動的位相同期(DPS)という新しい機能的結合状態の指標の開発へとつながった。さらに、共生インタラクションをより社会的なインタラクション場面で求める研究をヒトの社会的インタラクションとサルなどのヒト以外の霊長類の重層社会や社会的場面における互惠行動の調節の研究、動物の系列行動に潜在する拘束条件や内部構造の研究、認知バイアスにみられる拘束条件の研究を行い、成果が出始めている。特に本年度は、さまざまなゲーム論的な拘束において強化学習によって得られる効果を研究した。その結果、環境が変化していく状況では近傍のみにインタラクションがある場合に他者との協調が出現することが分かった。本年度の成果を総合すると、変動する環境のもとでは環境から与えられる情報に応じて機能分化するエージェントは若干の長距離結合を加味したスモールワールドネットワークを自身の内部に構築するとともに近傍のエージェントとのみインタラクションすることが環境から情報を最大限獲得するために十分であるということである。



【代表的な原著論文】

Hye-rin Kim, Wataru Toyokawa and Tatsuya Kameda, “How do we decide when (not) to free-ride? Risk tolerance predicts behavioral plasticity in cooperation”, *Evolution and Human Behavior*, vol. 40, No. 1, pp. 55-64, 2019.

Yuji Kawai, Jihoon Park, and Minoru Asada, “A small-world topology enhances the echo state property and signal propagation in reservoir computing,” *Neural Networks*, Vol. 112, pp. 15-23, 2019.

Sou Nobukawa, Mitsuru Kikuchi and Tetsuya Takahashi, “Changes in functional connectivity dynamics with aging: A dynamical phase synchronization approach”, *Neuroimage*, vol. 188, pp. 357-368, 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ニ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 (大阪大学大学院工学研究科 助教)

#### ② 研究項目

1. 神経ネットワークシミュレーションによる階層的な機能分化原理の実証

・神経ネットワークの結合コスト最小化の拘束条件に関するスモールワールド構造によって安定な記憶容量と関数近似能力を有するリザーコンピューターの開発

2. ヒューマンロボットインタラクションの階層構造と拘束条件の検討

・エージェント間の移動エントロピー最大化の拘束条件によって、ヘテロな機能を有するエージェント間でリーダー・フォロワー様のインタラクションを創発するシミュレーションの実施

### (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

1. MEG による個体内脳機能解析

・脳領域間ネットワーク解析手法の開発

2. ハイパースキャン MEG による個体間脳機能解析

・親子間のインタラクションの神経基盤解明に向けたデータ収集

### (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. 階層社会に関する研究

・遺伝子解析をもとに野生霊長類の群れ個体間の血縁度推定から、階層社会の内部構造を分析

・ケージ内での全飼育個体同時追跡技術を利用した社会創発機構の解明

2. 運動パターン分節化に関する研究

・サルを対象にした運動学習実験を通じ、視知覚運動相互作用が運動に与える影響に

についての解析

### 3. 認知バイアスに関する研究

・音の高低と明度、音の高低と空間的な位置に関する認知実験を通じ、個体レベルでの認知バイアス、あるいは複数個体における認知バイアス共有のメカニズムの解析。

## (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

・行動計測とfMRI 実験による、知覚判断における共通準拠発生プロセスに関する検討  
・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

・変動環境下での集合知の発生に関する社会ネットワーク実験  
・SNS 上の社会ネットワークにおけるクラスタ発生メカニズムに関する計算機実験