

【研究領域名】 「ヘテロ複雑システムによるコミュニケーション理解のための神経機構の解明」

【研究期間】 平成21年度～平成25年度

【領域代表者】 津田 一郎（北海道大学・電子科学研究所・教授）

## 【領域代表者からの報告】

### （1）研究領域の目的及び意義

#### 1. 本領域の目的

本領域の目的は、数理理論と実験の協働によって「コミュニケーション神経情報学」という新学術領域を開拓することである。コミュニケーションにおいては、複数の個体が相互作用することで意味が生成され、また役割分担が発生するといった日常的な創造活動が見られる。本領域ではコミュニケーションを成立させている脳内神経機構を複雑系数理科学と実験神経科学の協働によって解明していく。

#### 2. 本領域の意義

上記の目的を達成するために、A01「数理システム論」、B01「ヘテロ脳内システム間相互作用」、C01「個体間相互作用」の3研究項目を立て、それらの間の共同研究を通して研究を推進する。A01は数学・数理科学と脳神経科学および認知神経行動科学の融合研究である。B01はコミュニケーションにおける複数の脳からの脳活動の同時記録と分析、モデル化による脳神経科学と数理モデルの融合研究である。C01は人と人、人と動物、人とロボット、人と物体の間のコミュニケーション課題の考案による意味の創出と役割分担の研究であり、A01ならびにB01との融合研究である。本領域の研究が推進されるならば、コミュニケーションの本質的理解が得られることによる次のような波及効果が期待される。(1). コミュニケーション障害の理解と介入へのバックグラウンドが与えられる。(2). 教育現象の本質的理解へと迫ることが可能になる。(3). コミュニケーションロボットの開発が促進される。(4). 社会におけるイノベーション、すなわち組織的知識創造に関する理論の出発点が得られる。

### （2）研究成果の概要

研究項目 A01：(a)分岐構造生成を神経回路学習と捉える新概念を提案した。(b)そこでの神経ダイナミクスであるカオスの遍歴が情報保持と学習（可塑性）を両立させることを発見し、大脳新皮質注意回路系と連合するモデルを作った。(c)これらの系の相互作用を通してコミュニケーションを可能にする数理モデルの枠組みを作り、これを神経系の実験解析と結び付けて、B01, C01の実験グループと多くの共同研究を開始した。

研究項目 B01：(a)未来記憶の生成、二者相互作用での間の創造、相手の意図推定に関して、中央実行系、記憶系などのダイナミカルカップリングによる状況に応じたダイナミクスが大域回路に発生することを確認した。(b)トップダウン情報とボトムアップ情報のダイナミカルカップリングにより神経回路の構造変化が起こることが示唆された。(c)鳥類の脳などで、カオスの構造が行動中の脳に内在するかどうかを実証する実験系を構築することで、A01とC01をつなぐ実験系の確立を進めた。研究項目 C01：(a)ヒトの協調行動を可能とする意図推定の計算モデル、ヒト同士の相互作用場面でのシンボル生成と意味付与過程のモデル構築など、コミュニケーションに必要な脳の要素機能についての計算モデルを構築し、実験を行った。(b)サル同士の競合ゲームやサル同士の非協調タスクにおける神経活動や行動同期現象などのダイナミクスについての知見が得られた。さらに、マウスの社会的記憶・鳥の歌・ヒヨコの他者理解などに広げて、モデルの適用範囲の確認を進めている。

## 【審査部会における評価結果及び所見】

### A（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）

#### （1）総合所見

本研究領域は、複雑系数理科学と実験神経科学という既存の学問分野の協働により、既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指したものであり、当初領域の設定目的に照らして、期待どおりの成果があった

と評価できる。一個体を対象とした従来型のコミュニケーションの脳研究ではなく、複数個体間の動的な相互作用の脳内メカニズムの解明を目指したものであり、非常にユニークでチャレンジングな研究領域である。更に、総括班のリーダーシップのもと、新たな融合的研究の成果が見込まれるテーマを見だし、それを実験に結びつけている。そのうちのいくつかは既に論文発表に至っているなど、融合研究が着実に進展していると評価できる。また、理論系の若手研究者を実験系の研究室に短期間滞在させ、実験、データの解析に直接参加させるラボ交流を通じ、数理理論と実験の両面から理解できる若手研究者の育成を積極的に行っている。

しかしながら、実験結果として出てきている興味深い成果がまだ十分に数理理論に活かされていない印象も一部受ける。今後は、実験と理論の共通認識を研究項目間でも共有させ、そしてそれを確固たるものとし、さらに公募班も含めた領域全体で具体的な共通目標をもつことが、領域全体の躍進の鍵を握ると考えられる。

## (2) 評価に当たっての着目点ごとの所見

### (a) 研究の進展状況

「既存の学問分野の枠に収まらない新興・複合領域の創成を目指すもの」とした本学術領域において、数理理論と実験の協調による「コミュニケーション神経情報学」という新興・融合領域の創成に向け、着実に進展していると評価できる。カオスの遍歴の概念を神経回路に投射し、コミュニケーションを可能にするダイナミクスの数理モデルの構築を試みている点は評価でき、その大枠ができたことは重要な進展である。特に総括班を中心とした共通テーマの提案、精査などの積極的な試みにより、更なる融合に向けて努力している点は評価できる。その一方、実験から理論へのフィードバックはまだ十分でないという意見があった。今後は、総括班のリーダーシップのもと、公募班も含めた共同研究を積極的に進めていただきたい。

### (b) 研究成果

総括班が強く研究を先導することで、計画研究班内外での数理モデルと実験の協調によるコミュニケーション理論の構築を目指した共同研究もいくつか報告されており、領域内での共通認識というものも、熟成されつつある。個々の研究者の業績としては、論文、招待講演とも質・量ともに優れた成果が順調に上がっているが、融合による飛び抜けて優れた成果が見受けられない。今後は、融合研究の成果の一層の進展を期待したい。

### (c) 研究組織

総括班が強いリーダーシップをとり、計画班、公募班をとりまとめ、数理理論と実験が結びついた研究に導いている点は評価できる。また、理論系の若手研究者を他の実験系の研究室に短期間滞在させ、実験ならびにデータの解析の経験を積ませることなど、若手研究者の育成やアウトリーチ活動を積極的に行っている点も評価できる。今後は、共通となるテーマを絞りつつ、連携、融合を促進することを期待したい。

### (d) 研究費の使用

ラボ交流や共同研究導入への支援に効果的に使用している点は評価できる。その他、特に問題点を指摘する意見はなかった。

### (e) 今後の研究領域の推進方策

数理班がリードし、理論から実験というアプローチをとることで成果が上がっている。今後、実験から理論という逆のストリームも取り入れることでさらなる研究の発展に繋がることを期待したい。理論と実験の融合は、試行錯誤の繰り返しが必要であり、容易に成果がでるものではないが、公募班員も理論、実験の融合研究が立ち上げられるように、総括班が中心となり全体会議等をうまく企画して積極的に仲介を進めていただきたい。また、実験系から理論系への訪問やラボ交流を活かした教育も行ってもらいたい。