

栄 伸一郎

北海道大学大学院理学研究院
教授

生命現象における時空間パターンを支配する
普遍的数理モデル導出に向けた数学理論の構築

§ 1. 研究実施体制

(1)「研究代表者」グループ

- ① 研究代表者: 栄 伸一郎 (北海道大学大学院理学研究院、教授)
- ② 研究項目
 - ・反応拡散系における既存概念の多変数系への拡張
 - ・分化の波の伝播機構を記述する数理モデルの構成
 - ・細胞接着を記述する数理モデルの構成
 - ・概日時計中枢の神経ネットワークに対する数理モデルの構成
 - ・マイクロモデルとマクロモデルの相互関係の解析
 - ・保存量をもつ反応拡散系の解構造と多変数系への拡張
 - ・不均一場における反応拡散系の解構造と多変数系への拡張
 - ・反応拡散近似
 - ・実験と理論の共同作業

(2)「共同研究者」グループ

- ① 主たる共同研究者: 佐藤 純
(金沢大学脳・肝インターフェースメディスン研究センター、教授)
- ② 研究項目
 - ・「分化の波の伝播機構」の解析
 - ・「細胞接着による増殖制御機構」の解析
 - ・「概日時計中枢の神経ネットワーク」の解析

§ 2. 研究実施の概要

当CRESTでは、生命系におけるパターン形成問題を実験による検証が可能な形で数理モデル化するための理論の構築を目指しており、様々な概念の一般多変数系への拡張と実験による検証が可能な形で条件の表現、およびその検証のための具体的な実験系として3つの生命現象「分化の波の伝播機構」、「細胞接着による増殖制御機構」、「概日時計中枢の神経ネットワーク」に特化し、理論と実験の比較検証を行うことを中心テーマとしている。

当該年度は前年度に築いた基盤を元にいくつかのテーマに関して研究を進めることができた。具体的には各研究項目：A. 既存概念の多変数反応拡散系への拡張，B. 3つの生命現象に対する数理モデルの構築，C. ミクロスケールとマクロスケールの相互作用のモデル化，D. 反応拡散系の解構造の普遍化と実用化，という当CRESTの主要テーマそれぞれに対して、個別テーマ毎の部会や関連する研究集会を開催して情報収集や共同研究をスタートさせるための下地造りを行った。

A. および D. に関しては、2015年12月に神戸で、主に数理モデルの理論解析を中心とする研究集会「多変数反応拡散系の数理とその周辺」を当CRESTにより開催するとともに、自身を含む研究代表グループのメンバーの幾人かが研究発表を行った。これにより一般多変数系を扱うための理論造りと実験による検証可能性に向けた重要な情報を多数収集することができたとともに、今後の活動方針や共同研究への発展など、多くの重要な示唆を得た。

B. に関しては当CREST参加メンバーによる全体会議やテーマ別の個別部会を通して、個々の研究の進展状況を相互に理解するとともに、今後の活動方針を明確化することができた。特に、「分化の波の伝播機構」に関しては、当CREST予算で購入した実験設備のセットアップも完了し、これまで非常に困難であった深部の生体組織の観察や時間軸に沿ったデータの取得が、新たな観察手法の開発などにより可能となった[1]。またプロトタイプの数理モデルもほぼ完成しており実験結果ともよく合っていることが確認されている。このように数理モデルの構築とその理論解析およびそれらの実験による検証という一連の作業が、当CRESTの主要テーマの一つに対してスタートさせる体制が整ったといえる。今後は数理モデルの更なるブラッシュアップと実験データとの詳細な比較を行っていくことになるが、他形態における分化の波との比較を行い現段階での分化の波に関する最新情報を集約する目的で、2015年9月に研究集会「分化の波の実験と数理モデル」を京都で開催した。「細胞接着による増殖制御機構」と「概日時計中枢の神経ネットワーク」に関しては、まずはプロトタイプの数理モデル構築を目標として、関連メンバーで個別の部会を開くことにより、現段階での詳細な研究状況を互いに紹介するなど、相互理解と問題点の洗い出しを行った。この活動は次年度以降も引き続き行う予定であり、実験による検証が可能な数理モデル構築を目指す。

C. に関しては、「概日時計中枢の神経ネットワーク」と密接に関連しており、当該個別部会において、過去の研究を検討し問題点の洗い出し等を行った。またマルチフィジックスの問題に関連してフェイズフィールド法の検討を始めるなど今後も継続的な検討を重ねていく予定である。

1. Ke, M. T., Nakai, Y., Fujimoto, S., Takayama, R., Yoshida, S., Kitajima, T. S., Sato, M.

and Imai, T. "Super-resolution mapping of neuronal circuitry using an index optimized clearing agent" Cell Reports Volume 14, Issue 11, March 2016, pp2718-2732