

課 題	<b>自己組織化現象のモデリングと数理的解析</b>
研究組織	森田 善久（理工学部・教授）研究代表者 松木平淳太（理工学部・教授） 阪井 一繁（理工学部・講師） 二宮 広和（明治大学理工学部・准教授） Xingbin Pan（East China Normal University, Department of Mathematics・教授）

## 1. 研究発表

- (1) Y. Morita and T. Ogawa, Stability and bifurcation of nonconstant solutions to a reaction-diffusion system with conservation of a mass, *Nonlinearity*, Vol.23, 2010, 1387-1411.
- (2) Y. Morita and H. Ninomiya, Traveling wave solutions and entire solutions to reaction-diffusion equations, *Sugaku Expositions* Vol.23, 2010, 213-233.
- (3) Y. Morita, Stability and bifurcation of solutions to a reaction-diffusion system with conservation of a mass, The 8th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, 2010年5月25日, Dresden University of Technology, Germany
- (4) Y. Morita, Localized patterns in a reaction-diffusion system with conservation of a mass, International Workshop on Far-From-Equilibrium Dynamics, 2011年1月7日, RIMS, Kyoto University
- (5) D. Takahashi, J. Matsukidaira, H. Hara and B.-F. Feng, Max-plus analysis on some binary particle systems, *J. Phys. A*. Vol 44, 135102 (2011).
- (6) C. Bandle, Y. Kabeya and H. Ninomiya, Imperfect bifurcations in nonlinear elliptic equations on spherical caps, *Communications on Pure and Applied Analysis*, Vol.9, 2010, 1189-1208.
- (7) H. Murakawa and H. Ninomiya, Fast reaction limit of a three-component reaction-diffusion system, *J. Mathematical Analysis and Applications*, Vol.379, 2011, 150-170.
- (8) Y. Almog, B. Helffer and X. Pan, Superconductivity near the normal state under the action of electric currents and induced magnetic fields in  $\mathbb{R}^2$ . *Comm. Math. Phys.*, Vol.300 (2010), 147-184.
- (9) X. Pan, Nucleation of instability of Meissner state of superconductors and related mathematical problems, *Trends in partial differential equations*, 323-372, *Adv. Lect. Math. (ALM)*, 10, Int. Press, Somerville, MA, 2010.

## 2. 2010年度の研究計画

本プロジェクトにおいては、これまでの自己組織化現象の数理的研究成果を検証し、未解決の課題に取り組む。近年目覚ましく発展した非線形偏微分方程式の解の研究や、渋滞の研究で成功した離散化・超離散化の手法をさらに発展させ、生物系などで見られる自己組織化の数理的原理の解明に貢献する研究を目指す。具体的には、

- 1) 生物系における自己組織化と、物質系における非平衡パターンの発生の共通構造とその相違点を、具体的なモデルの研究を通して数理的視点から研究する。特に、生体内における細胞の働きで基本的役割をする細胞極性の発生や、生体リズムの同期現象などの数理モデルの解析を行う。このような生物系の研究においても、数理的視点で見るとこれまでの研究対象との共通点が見えてくる。この強みを生かしたい。
- 2) 渋滞のモデルである OV モデル、CA モデルなどに用いた離散化・超離散化の手法を非平衡系や生物系における自己組織化の数理モデルに適用し、その数理構造を明らかにする。

また、研究の過程において、応用的研究を行っている学外の専門家に参画してもらい、様々な観点から研究を拡げることが同様に重要である。以下の計画を予定している。

- (1) Xingbing Pan 教授を招いて、超伝導モデルと高分子の液晶モデルがもつ数理的な共通構造およびその相違点の理解を深め、これらの現象に見られる局在パターンの生成の研究を通して、他のソフトマターに見られる自

己組織化の研究に応用する。

- (2) 生物モデルや非平衡非線形現象の数理的研究において第一線で活躍している研究者を龍谷大学に招いて講演をお願いし、討論・情報交換を行う。
- (3) 明治大学先端数理科学インスティテュートはGCOE プロジェクト「現象数学の創成」を平成20年度より推進しており、龍谷大学の研究グループも支援している。二宮准教授と密接な研究連絡をとりながら、現象数学と関連する研究について意見交換を重ねる。

### 3. 研究実績の概要(研究経過と成果)

松木平による渋滞研究、森田・二宮による進行波解の研究、森田・X. Panによるギンツブルク・ランダウモデルの研究に加え、生物リズムの数理モデルの研究を進め、その研究経過に合わせて学外の専門家を招いたセミナーを開催し、これらの研究の深化・融合を目指すという方針で実行していった。

- 1) 森田と X. Pan は、Pan が龍谷に滞在中にギンツブルク・ランダウモデルの新しい解の性質について共同研究を進めた。これまでになされている研究について整理し、未解決の重要問題を精査した後、解の零点にかんする重要な性質について研究を進めた。まだ研究途中であるが有意義な議論が行われ、部分的には大きな進展があった。
- 2) 学外者によるセミナーに関しては、「京都駅前セミナー」を開催し、国内外の非線形科学研究者(ならびに関連分野研究者)と研究交流を行った。その詳細なスケジュールと講演者については、この下にまとめてある。特に、2011年2月10日のセミナーでは、国内外の最先端で活躍する4名の研究者を招待し、特別セミナーを開催した。このセミナーは大変有意義な情報交換になり、これを機会に共同研究の計画も話し合われている。
- 3) 森田は、2010年12月10日にセミナーで講演した郡宏氏と、共同で「生物リズム」の数理的取扱いに関する著書を執筆中である。これは物理学者と数学者の共同による新しい趣向の著書で、完成すれば、このテーマに関心のある研究者の注目を集めるであろう。
- 4) 2011年2月25日(金)~26日(土)には、明治大学・龍谷大学を含む日本側6大学と、National Taiwan University・Tamkang University を含む台湾側6大学の大学院生を中心に若手研究者による研究発表会 The 2<sup>nd</sup> Japan-Taiwan Joint Workshop for Graduate Students in Applied Mathematics が明治大学で開催され、本プロジェクトの研究者である森田、松木平、二宮が参加し3者間で情報交換を行った。

以上の研究実績による成果の一部は、項目1における研究発表による発表されている。未発表の成果については、今後論文等で公表していく予定である。

#### 「2010年度、京都駅前セミナーの講演者と講演題目」

○2010年4月23日(金)14:00-17:30

森本光太郎(首都大学東京理工学研究科)

「Gierer-Meinhardt 系における飽和効果と定常解の形状について」

坂元 国望(広島大学理学研究科)

「Hamiltonian-PDE の空間周期解の安定性と分岐」

○2010年5月14日(金)14:00-17:30

末松 J. 信彦(広島大学理学研究科)

「場を介して相互作用する自律運動粒子の集団運動」

南 和彦(名古屋大学多元数理科学研究科)

「可解格子模型の等価な系列と細胞選別の数理モデル」

○2010年6月11日(金)14:00-17:30

岩見 真吾(科学技術振興機構(東京大学大学院/京都大学ウイルス研究所))

「計算ウイルス学・免疫学の展開」

中岡 慎治(東京大学大学院数理科学研究科)

「免疫応答のダイナミクス研究: CD4+T 細胞の細胞増殖分化の数理モデル研究」

- 2010年7月2日(金)14:00-17:30  
壁谷 喜継(大阪府立大学大学院工学研究科)  
「ポテンシャル項をもつ熱方程式に対する解のホットスポットの時間大域的挙動」  
矢崎 成俊(宮崎大学工学部)  
「平面内の勾配流いろいろ」
- 2010年10月15日(金)14:00-17:30  
李 聖林(東京大学大学院 数理科学研究科)  
「時間遅れ反応拡散系として表れる生命・生態現象」  
若狭 徹(明治大学先端数理科学インスティテュート)  
「接触抑制効果を伴う細胞集団モデルとその解析」
- 2010年11月12日(金)14:30-17:30  
池田 幸太(明治大学 研究・知財戦略機構)  
「縮約方程式が現れる反応拡散系に関する解析」  
Jong-Sheng Guo(Tamkang University,台湾)  
「Quenching Problem Arising in Micro-electro Mechanical Systems」
- 2010年12月10日(金)14:00-17:30  
郡 宏(お茶大アカデミック・プロダクション&JST さきがけ)  
「ノイズな振動子集団における揺らぎの強度とネットワーク構造の関係」  
黒澤 元(理化学研究所・基幹研究所)  
「概日時計の周期の意味：なぜヒトの周期は25時間なのか？」
- 2011年1月20日(金)14:00-17:30  
高石 武史(広島国際学院大学)  
「フェーズフィールドを用いた亀裂進展の数理モデル」  
福本 康秀(九州大学大学院数理学研究院)  
「楕円回転流のハミルトニアン分岐理論」
- 2011年2月10日(金)13:00-17:40 特別セミナー  
Tetsutaro Shibata (Hiroshima University)  
「Inverse bifurcation problems for nonlinear Sturm-Liouville problems」  
Slawomir Rybicki (Nicolaus Copernicus University)  
「Bifurcations of non-constant solutions of the Ginzburg-Landau equation」  
Shuichi Jimbo (Hokkaido University)  
「Domain variation and Electromagnetic Frequencies」  
Xingbin Pan (East China Normal University)  
「On a Quasilinear System Involving Curl Modeling Meissner States of Type II Superconductors」
- 2011年2月23日(水)14:00-17:30  
坂元 国望(広島大学大学院理学研究科)  
「拡散誘導不安定性—3変数系における Turing-不安定性と Turing-Hopf-不安定性」  
小川 知之(大阪大学大学院基礎工学研究科)  
「3変数反応拡散系の多重臨界点」

(以上, 計10回, 講演者22名.)