

課 題	<b>自律的集団に現れるダイナミクスパターンの数理解的研究</b>
研究組織	松木平淳太（理工学部・教授）研究代表者 森田 善久（理工学部・教授） 二宮 広和（明治大学理工学部・准教授） 高橋 大輔（早稲田大学理工学部・教授）

## 1. 研究発表

- (1) Constructing two-dimensional integrable mappings that possess invariants of high degree, Hironori Tanaka, Junta Matsukidaira, Atsushi Nobe and Teruhisa Tsuda, RIMS Kokyuroku Bessatsu B13, 75-84(2009)
- (2) Existence and uniqueness of stabilized propagating wave segments in wave front interaction model, J.-S. Guo, H. Ninomiya and J.-C. Tsai, Physica D: Nonlinear Phenomena Vol.239, 230-239(2010)
- (3) Y. Morita and T. Ogawa, Stability and bifurcation of nonconstant solutions to a reaction-diffusion system with conservation of a mass, Preprint
- (4) Y. Morita, "Stability and bifurcation of solutions to a reaction-diffusion system with conservation of a mass", The 10th International Workshop on Differential Equations in Memory of the late Professor JeongSeon Baek, Department of Mathematics, Chonnam National University, Gwangju, Korea, March 18-20, 2010
- (5) Y. Morita, "Traveling waves of a reaction-diffusion equation in the higher-dimensional space", Equadiff 12, Masaryk University, Brno Czech Republic, July 20-24, 2009
- (6) Y. Morita, "A mass-conserved reaction-diffusion system", The 2nd International Conference on Reaction-Diffusion Systems and Viscosity Solutions, Providence University, Taichung, Taiwan, July 13-18, 2009

## 2. 2009年度の研究計画

自律的運動をする多数の個が集団としてどのように振舞うか、という問題は数理学分野だけでなく社会科学の分野でも興味ある問題である。このような研究の成功例として、渋滞の数理解的研究がある。個々の自動車の動きは決して単純ではないが、一方向に走るという枠組みのもとでその動きを単純化することにより、それらが集団として振舞って発生する交通流が引き起こす渋滞の原理が、数理解的研究から明らかにされている。

渋滞研究の初期においては、主に偏微分方程式による数理解モデルが用いられてきたが、近年の研究の発展によって、常微分方程式系である最適速度追従モデル(Optimal Velocity model)、結合写像格子モデル(Coupled Map Lattice)、セルオートマトンモデル(Cellular Automaton model)といった離散モデルが用いられるようになってきている。これらの一連の研究の中で、本研究プロジェクトのメンバーである松木平と高橋は、セルオートマトンを扱う数学的手法である超離散化の手法を開発し、モデルの数理解的構造を明らかにすることに成功した。これらの成果は国内外から非常に高い評価を受けている。これらの交通流の数理解モデルは、自律的な個体が一方向に進むという性質に基づいて構築されているが、その性質は交通流に固有のものではなく、多くの自然現象や社会現象、特に生物集団の運動においても共通のものである。そこで、今回の研究では、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、生物集団において、目的性あるいは志向性が集団の動きに加わったときに生じるダイナミクスパターンの研究を行う。

本プロジェクトメンバーは、渋滞研究を超離散法の観点から行ってきた松木平、高橋と、微分方程式系を用いて生物集団モデルの研究を行ってきた森田、二宮から成っている。本プロジェクトにおいては、まず異なるバックグラウンドを持つ各メンバーが、渋滞、生物モデルに関する理解を相互に深めることが重要である。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、社会的観点から見た研究の拡がり確保していく。以上のことをふまえた上で、以下の計画を遂行していく。

- (1) OV モデル、CA モデルなど既存の交通流モデルを基に、化学反応による追従効果や走光性等の指向性を取り入れた微生物の運動を記述するモデルを構築し解析を行う。(主に空間 1 次元モデル)

- (2) 空間2次元系においては、生物集団が資源を求めて動くときに発生する集団の動きをモデル化し、そのダイナミクスパターンをシミュレーション手法や非線形解析の手法で研究する。
- (3) 研究の最終段階では、これらの研究から得られた成果を、逆に交通流モデルにフィードバックする。また、自律的集団に現れるダイナミクスパターンに普遍的な理論の構築と、渋滞の解消や自己組織化機構の解明に向けた応用を意識した研究も行う。

### 3. 研究実績の概要(研究経過と成果)

松木平・高橋による渋滞研究、森田・二宮による生物集団モデルの研究をそれぞれ基盤的な研究として行いながら、その研究経過に合わせて学外の専門家によるセミナーを行い、研究を融合していくという方針を実行していった。

学外者によるセミナーに関しては、以下のスケジュールで「京都駅前セミナー」、「龍谷数理科学セミナー」、「RIMS 研究集会ミニシンポジウム」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。12月16日(水)には大学院生を中心に若手研究者による研究発表会を開催し、指導教員である本プロジェクトの研究員間で情報交換を行った。

これらの研究活動を通して、課題に関連した最新の成果や情報を取り入れ研究を推進していった。その成果として、松木平はその共同研究者とともに、離散的な可積分系を拡張する方法を提案した。森田はその共同研究者とともに細胞の極性発生メカニズムを記述する数理モデルについて、パターンの生成を理論づける数学的結果を得た。また、二宮とその共同研究者はパターンダイナミクスに関連した数学的な解の存在を証明した。

#### (1) 「京都駅前セミナー」

2009年4月28日(火) 15:00-16:30

保存量のある反応拡散系の性質と細胞極性形成への応用

石原 秀至 氏(東京大学大学院総合文化研究科)

2009年5月22日(金) 14:00-15:30

$\Delta u + \lambda f(u) = 0$  の Neumann 問題の分岐について

宮本 安人 氏(東京工業大学)

2009年5月22日(金) 16:00-17:30

非局所項をもつ Fix-Caginalp 方程式の定常問題

田崎 創平 氏(大阪大学基礎工)

2009年7月10日(金) 14:00-15:30

剪断流における秩序構造と階層性の探索

板野 智昭 氏(関西大学)

2009年7月10日(金) 16:00-17:30

連続カオス力学系に埋め込まれた不安定周期軌道に関する数値的研究

斉木 吉隆 氏(京都大学数理解析研究所)

#### (2) 「RIMS 研究集会ミニシンポジウム」

2009年11月11日(水) 11:00-11:20

佐藤 一憲 氏(静岡大・工・システム工学)

2009年11月11日(水) 14:20-15:00

現実の捕食者-被食者系の動態はどこまで理解できるか?

吉田 丈人 氏(東京大・院・総合文化)

2009年11月11日(水) 15:25-16:05

レジームシフト:生態系における不連続的な系状態の変化の実践的な予測

加藤 元海 氏(北海道大・創成研究機構)

2009年11月11日(水) 16:10-16:50

細胞サイズは多くを語る-栄養塩を巡るトレードオフとプランクトン群集

吉山 浩平 氏(東京大・海洋研究所)

(3) 「龍谷数理科学セミナー」

2009年12月16日(水)「数理科学若手ワークショップ」

14:00-14:15

三角形による相似タイリング  
須志田隆道(龍谷大学)

14:20-14:35

保存量のある反応拡散方程式系におけるパターン形成と解の分岐  
森本 隆彬(龍谷大学)

14:40-14:55

SNR 衝撃波による UHECRs のフェルミ加速—電磁流体中の乱流構造による宇宙線粒子の非弾性散乱の効果—  
古川 祐司(龍谷大学)

15:00-15:15

0回転の平面弾性曲線について  
佐藤 信仁(龍谷大学)

15:40-15:55

保存量から導かれる2階可積分方程式について  
田中 宏典(龍谷大学)

16:00-16:15

ひまわりのモデル—黄金比を求めて—  
田中吉太郎(明治大学)

16:20-16:35

高速道路上の交通流  
佐合 洋彰(明治大学)

16:40-16:55

混乱状態における非ニュートン粒子の出口付近の渋滞  
増井 翼(明治大学)

17:20-17:35

発展方程式の周期解について  
野口 広敬(明治大学)

17:40-17:55

Allen-Chan 方程式に現れる進行波解について  
出原 清子(明治大学)

2009年12月21日(月) 9:20-10:50

Non-QRT mapping について  
野邊 厚 氏(千葉大学)

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り発表されている。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。