

課 題	現象数理学における諸問題の数理的研究
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） 樋口 三郎（理工学部・講師） 二宮 広和（明治大学・教授） 岩見 真吾（九州大学・准教授／JST・さきがけ研究員）

1. 研究発表

- (1) Y.Morita, "Spectrum comparison for a conserved reaction-diffusion system with a variational property" Journal of Applied Analysis and Computation, Vol.2 (2012), 57-71.
- (2) 森田善久, 「超伝導のギンツブルク・ランダウ方程式とその解について」, 数理解析研究所講究録, 1776巻 (2012), 158-162
- (3) 郡 宏, 森田善久, 「生物リズムと力学系」共立出版2011年9月, pp.192.
- (4) 奥村敬済, 松木平淳太, 「基本図による5近傍粒子セルオートマトンの解析」, 日本応用数理学学会研究部会連合発表会, 九州大学, 2012年3月9日.
- (5) 樋口三郎, 「Susceptibility Propagation と組合せ最適化」, 京都大学基礎物理学研究所研究会 情報統計力学の最前線—情報と揺らぎの制御の物理学を目指して—, 京都大学, 2012-03-21.
- (6) H.Murakawa and H.Ninomiya, "Fast reaction limit of a three-component reaction-diffusion system", J. Math. Analysis and Applications, Vol. 379 (2011), 150-170.
- (7) S.Iwami, B.P.Holder, C.A.Beauchemin, S.Morita, T.Tada, K.Sato, T.Igarashi, T.Miura, "Quantification system for the viral dynamics of a highly pathogenic simian/human immunodeficiency virus based on an in vitro experiment and a mathematical model", Retrovirology. (2012) Feb 25; 9: 18.
- (8) S.Iwami, H.Haeno, F.Michor, "A race between tumor immunoescape and genome maintenance selects for optimum levels of (epi)genetic instability", PLoS Comput Biol. 2012 Feb; 8(2): e1002370.
- (9) K.Sato, N.Misawa, M.Fukuhara, S.Iwami, D.S.An, M.Ito, Y.Koyanagi, "Vpu Augments the Initial Burst Phase of HIV-1 Propagation and Downregulates BST2 and CD4 in Humanized Mice", J. Virol. 2012 May; 86(9): 5000-13.
- (10) M.Horiike, S.Iwami, M.Kodama, A.Sato, Y.Watanabe, M.Yasui, Y.Ishida, T.Kobayashi, T.Miura, T.Igarashi, "Lymph nodes harbor viral reservoirs that cause rebound of plasma viremia in SIV-infected macaques upon cessation of combined antiretroviral therapy", Virology. 2012 Feb 20; 423(2): 107-18.

2. 2011年度の研究計画

本プロジェクトメンバーは、数理科学の諸分野に現れる非線形偏微分方程式で記述される数理モデルにおいてパターン形成やパターンダイナミクスの研究を行ってきた森田と二宮、渋滞現象のモデルに超離散とよばれる手法を用いて成果を上げてきた松木平、ネットワークなどの離散構造の統計力学を研究してきた樋口、感染症の数理モデルの研究で多数の成果をあげている岩見からなる。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、現象数理学における数理的研究成果を検証し、未解決の課題や新しい問題に取り組む。

このプロジェクト研究において重要なのは、他分野との交流である。渋滞の問題ではより現実的な問題を考えるため、現場でデータを集めている研究者との意見交換が必要である。また、パターン形成の問題では、生理学や神経生理学の分野で数理モデルを構築している研究者と交流することによって現実の問題の数理的側面を明らかにしていく。計算ウイルス学ではウイルスの実験や数理モデリングから数理解析の応用技術を発展させる。また、様々な現象をネットワーク上の系としてモデル化する手法を検討する。

実際の活動では、以上のような研究に携わっている学外の専門家と交流し、様々な観点から研究を拓げる。以下のような計画を予定している。

- (1) 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招いて講演してもらい、討論・情報交換を行う。
- (2) 明治大学先端数理科学インスティテュートでは「現象数学」に関連して様々な活動を行っているので、明治大学に所属する二宮を通して緊密な研究関係を構築していく。
- (3) HIVなどのウィルスの感染メカニズムの数理モデルの構築や、その数理解析のために、岩見さきがけ研究員と研究の打ち合わせをおこなう。

これらを研究計画の柱にして、各プロジェクトメンバーは日常的に議論を重ね、研究を進めていく。

3. 研究実績の概要(研究経過と成果)

この研究プロジェクトは2年計画で、2011年度は1年目の活動である。以下、その研究経過と成果を要約する。

- 1) 森田や二宮は反応拡散方程式の進行波解を研究し、二宮は進行波の新しい運動パターンを見つけた。その得られた成果を生物集団の侵入・伝播の運動パターンの解析にも応用できないか検討を加えている。
- 2) 生物や細胞内の動的平衡状態を理解する数理モデルとして、反応拡散方程式系は有力な数学的道具であることが知られている。しかし、その数学的研究対象となる方程式系のクラスはまだまだ限られており、未知の問題が多い。森田はある種の反応拡散方程式系に現れるパターン形成の数学的理論の研究を行い平衡状態の安定性に関する新しい数学的な結果を得た。この数学的な結果を、細胞に極性が生じる現象の数理モデル化の研究に応用できないか検討中である。
- 3) 森田は郡宏氏と、共同で「生物リズム」の数理的取扱いに関する著書を完成させた。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このテーマに関心のある研究者や研究者を目指す方々に役立つテキストである。
- 4) 松木平は粒子数を保存する5近傍セルオートマトンをMax-Min代数の手法を用いて解析し、多くのルールをMax-Minの発展方程式で表わすことに成功した。またそれらのあるクラスが超離散Cole-Hopfによって漸近解析可能な形に変換できることも見いだした。
- 5) 樋口は変数間相関の推定に基づいて離散制約充足問題の解を探索する手法の開発を行ってきたが、この推定手法が逆インジグ問題とよばれる学習の問題に有用であることがわかりこの問題との関係を考察した。また、厳密解がある場合に解集合の形状から手法の効率を見積もる計算を進めた。
- 6) 岩見は実験科学と数理科学の融合研究を推進した。特に、免疫不全ウイルス、エンテロウイルス、肝炎ウイルス、インフルエンザウイルスが引き起こす疾患メカニズムを解明するための基礎研究に携わった。

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

次に研究集会を中心とした活動について報告しておく。

[1] 2012年2月27日(月)～28日(火)には、国立台湾大学において明治大学・龍谷大学(日本側主体)と国立台湾大学・淡江大学(台湾側主体)が中心になって若手研究者による研究集会 The 3rd Taiwan-Japan Joint Workshop for Young Scholars in Applied Mathematics が開催され、本プロジェクトの研究員である森田、松木平、二宮が参加し3者間で情報交換を行った。

[2] 1年間を通しての活動として、学外者を招待して「京都駅前セミナー」を開催し、国内外の応用数学者や非線形科学関係の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リストは以下の通りである。

「2011年度、京都駅前セミナーの講演者と講演題目」

○2011年4月29日(金)14:00-17:30

中口 悦史(東京医科歯科大学)

「弱い減衰を持つ走化性・増殖方程式の解の大域的存在」

村川 秀樹(九州大学大学院数理学研究院)

「非線形拡散問題の反応拡散系近似とその数値解析への応用」

- 2011年5月13日(金)14:00-17:30
合原 一究(理化学研究所)
「アマガエルの合唱に潜む時空間構造の研究場」
長山 雅晴(金沢大学理工研究域数物科学系)
「角層形成の数理モデル」
- 2011年6月17日(金)14:00-17:30
大下 承民(岡山大学大学院自然科学研究科)
「ミクロ相分離における粗大化・安定化・中心移動」
千葉 逸人(九州大学マスコアインダストリ研究所)
「Gelfand triplet 上のスペクトル理論」
- 2011年7月8日(金)14:00-17:30
三浦 岳(京都大学大学院医学研究科)
「肺の枝分かれ構造の形成機構」
平島 剛志(京都大学大学院医学研究科)
「腎臓と肺の形態形成の数理モデル」
- 2011年10月21日(金)14:00-17:30
久藤 衡介(電気通信大学情報理工学研究所)
「交差拡散を伴う Lotka-Volterra 競争系の定常問題」
今 隆助(明治大学グローバル COE)
「年齢構造を持つ捕食者・被食者モデル：周期ゼミの問題」
- 2011年11月11日(金)14:30-17:30
岩見 真吾(JST さきがけ, 京都大学ウイルス研究所)
「ウイルス感染と常微分方程式」
吉川 研一(京都大学大学院理学研究科)
「非チューリング・シナリオ：形態生成の新モデル」
- 2011年12月9日(金)14:00-17:30
田崎 創平(大阪大学基礎工学研究科)
「混合脂質二重膜の相分離弾性系」
安間 淳(広島大学大学院理学研究科)
「非線形境界効果を持つ反応拡散系のパターン形成」
- 2012年1月26日(木)14:00-17:30
友枝 明保(明治大学知財戦略機構)
「錯視現象の社会への積極的応用：Hollow face 錯視」
新井 仁之(東京大学大学院数理科学研究科)
「視知覚と錯覚の数学的研究—数理視覚科学の確立とその応用—」
- 2012年2月10日(金)14:00-17:30
泉 俊輔(広島大学大学院理学研究科)
「タンパク質 A to Ms」
平岡 裕章(九州大学マスコアインダストリ研究所)
「タンパク質構造とトポロジー」
- 2012年2月21日(火)13:30-17:40
宮路 智行(京都大学数理解析研究所)
「Lugiato-Lefever方程式に対する分岐解析」
杉山 由恵(大阪市立大学理学研究科)

「Asymptotic stability of stationary solutions to degenerate Keller-Segel systems」

栄 伸一郎(九州大学マスコアインダストリ研究所)

「無限次元空間における弛緩振動」

-----以上, 計10回, 講演者21名-----

この講演者のリストとその講演題目からも容易に想像がつくと思われるが, そのトピックスは多岐に渡る. このセミナーを通して, 「非線形偏微分方程式の解の研究」, 「生物のリズム現象の数理」, 「発生における形態形成の数理モデル」, 「錯視の数理」, 「タンパク質の構造とトポロジーの応用理論」など幅広い分野の問題について, 第一線の研究者の研究報告を聞く貴重な機会を得ることができた. また, 講演者との直接的な意見交換により, その問題の理解を深めることができ, 現象数理学の諸問題に対する研究のアプローチや, 新しい観点について得るものが多かった. 新しい共同研究についても話し合わせ, 今後の進捗が期待できる.

このようなセミナーが効果的な理由は, 数理という共通のコミュニケーション手段によるところが多い. 背後にある共通する数理構造や数理的手法を通して共通の理解・認識を持つことができるからである.

プロジェクト研究2年目の次年度も, このようなセミナー活動の推進と, それを通して得られた研究者間の人的ネットワークを拡大・充実させながら, その成果を最大限活用してプロジェクト研究推進に生かしていく予定である.