

数理解析研究所講究録 1789

RIMS 共同研究

生物現象に対するモデリングの数理

京都大学数理解析研究所

2012年4月

RIMS Kôkyûroku 1789

*Kyoto Autumn Research Program
in Mathematical Biology Next Wave 2011*

September 26~30, 2011

edited by Kazunori Sato

April, 2012

Research Institute for Mathematical Sciences

Kyoto University, Kyoto, Japan

This is a report of research done at the Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University. The papers contained herein are in final form and will not be submitted for publication elsewhere.

まえがき

生物現象の数理的問題は数学者のみならず幅広い分野の関心を引き、数学の発展に寄与してきた。数学は、他分野の更なる発展の可能性を生み出すだけでなく、他分野から良質な問題が提供されることにより数学自体も大きく発展する学問である。そして、他分野と数学の間の学際的あるいは融合的な研究分野が数学と他分野の橋渡しをしているばかりでなく、そこから新しい数理的問題も生まれてきた。21世紀は生物学・生命科学の諸問題に関わる数学理論及び数理モデルの構築の更なる発展が期待されている。

モデリングとは科学的な『ものの捉え方』である。生物学・生命科学の諸問題に対する数学的基盤を整備し、学際・融合分野における数理的研究を進展させ、それらを生物現象の研究に feedback する一連の過程はすべてモデリングといえる。モデリングの観点から新しい生物学・生命科学研究及び数学研究を促進・創発するというインセンティブは、これからますます意義が高まると思われる。本共同研究では、数理分野、生物学・生命科学分野の若手研究者が一堂に会し、第一線で活躍する研究者により提供される最前線的话题をシードにした“現場”における討論により、学際的・融合的研究分野において発展性が高いテーマ、未解決問題を発掘すると同時に、生物学・生命科学の分野における新しい知見の獲得、及び、新しい数理モデルの開発や解析にかかわる数理的な理論の展開、新しい数学的概念の構築を目的とし、数理分野の研究者と他分野との分野融合研究の促進を図ったものである。

2002-2004年に開催された「イッキ読み合宿セミナー」（幹事：齋藤保久）、2004-2005年に京都大学数理解析研究所にて開催された「生物数学イッキ読み・研究交流」（研究代表者：齋藤保久）は、すべて、文献を読むだけにとどまらず様々な議論が飛交う場と成し、生物数学の研究に新たに提起される問題の発掘や参加者同士の共同研究が発足するポテンシャルの高いものであった。その肥沃な“土壌”に、生物現象からとりあげた特定の問題とその数理モデル開発という“種”をまくべく企画された2006年度京都大学数理解析研究所共同研究「新しい生物数学の研究交流プロジェクト：Kyoto Winter School of Mathematical Biology」（2006年12月11-15日、研究代表者：瀬野裕美）、2007年度京都大学数理解析研究所共同研究「新しい生物数学の研究交流プロジェクト：Kyoto Summer Research Program in Mathematical Biology Next Wave」（2007年8月27-31日、研究代表者：瀬野裕美）、2008年度京都大学数理解析研究所共同研究「生物現象に対するモデリングの数理：Kyoto Winter Research Program in Mathematical Biology Next Wave」（2008年12月8-12日、研究代表者：瀬野裕美）、2009年度京都大学数理解析研究所共同研究「生物現象に対するモデリングの数理：Kyoto Winter Research Program in Mathematical Biology Next Wave」（2009年12月7-11日、研究代表者：佐藤一憲）および、2010年度京都大学数理解析研究所共同研究「生物現象に対するモデリングの数理：Kyoto Summer Research Program in Mathematical Biology Next Wave」（2010年8月23-27日、研究代表者：佐藤一憲）が開催された。これらは本共同研究とスピリットを同じくするものであり、多様なバックグラウンドをもつ若手研究者が一堂に会し、共通の話題についての数理モデルの開発や解析が現場で行われるプログラムが実施された。参加予定者は話題提供者（セッションオーガナイザ）と事前打合せを行い、分野融合的研究として、いくつかの新しい研究もスタートした。本共同研究の意義は、特定の問題について数理モデルの開発や解析に関して討論を展開し、数学-他分野融合研究の可能性を追求するところにある。研究レベルの出席者参加型の本共同研究は、学際研究の発展に寄与できる新しい形態である。

特に、本共同研究では、生物現象における新しい知見の獲得を目的とした理論的手がかりの創造、及び、新しい数理モデルの開発や解析技術の発展に寄与するためのプログラムに取り組んだ。参加者は下記の各オーガナイズドセッションにおいて文献の集中（“イッキ読み”）セミナー [参加者による文献分析研究] を行った。参加者各自が講義内容を集中的に理解し合うことにより、参加者同士の密な研究交流を促し、最前線的话题に潜む新たな問題の“匂い”を嗅ぎ取ろうという試みである。その後、参加者が3グループに別れ、各グループでオーガナイズドセッションの内容をシードにして新たな問題の発掘を行い、その問題に対する数理モデルの開発および解析に関する議論を行った。最終日には、各グループによる成果発表とともに、第一線で活躍する研究者を交えた議論を行った。それらの研究成果がこの講究録に綴られている。

【セッションオーガナイザおよびセッションタイトル】

齋藤保久（全南大学，韓国）：移動が個体群動態に及ぼすある影響

【招待講演】小泉吉輝（九州大学）：クモの巣の多様性における数理的解析—クモの巣の最適なサイズと構造—

【招待講演】Lee Yoju（京都大学）：Mathematical Models of Unipolar Mood Disorder

三浦 岳（京都大学）：発生における細胞外シグナル因子の拡散ダイナミクス

松田裕之（横浜国立大学）：順応的個体群管理の数理解モデル

瀧本 岳（東邦大学）：種分化の数理解モデル

これらのセッションに引き続くグループディスカッションにおいて検討された研究課題は以下の通り：

- コケ坊主の光強度による成長戦略の違い
- 捕食圧は被食者の共生関係を生み出すか，破壊するか？
- 「カロリー制限」の進化的意義についての数理的考察

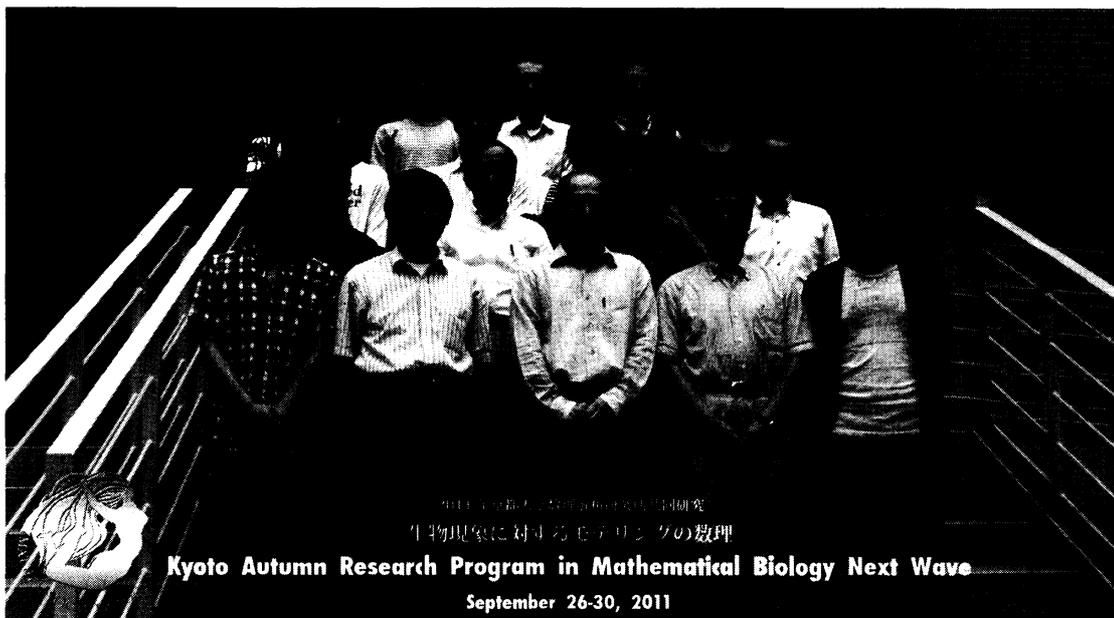
どちらの研究課題も，独創性の認められる新しい数理的な問題を提供するものであり，それらが数学，生物学，数理生物学に関わる若手研究者らの交流によって発展されたことは大変に意義深い。本講究録に収められている論文は，更なる数理的な解析をおこなう余地があるし，新しい研究に発展する可能性を秘めていると思われる。

研究代表者 佐藤一憲（静岡大学）

運営幹事 齋藤保久（全南大学 [韓国]）

共同企画者 瀬野裕美（広島大学）

2012（平成 24）年 3 月



生物現象に対するモデリングの数理
Kyoto Autumn Research Program in Mathematical Biology Next Wave 2011
RIMS共同研究報告集

2011年9月26日～9月30日

研究代表者 佐藤 一憲 (Kazunori Sato)

副代表者 齋藤 保久 (Yasuhisa Saito)

目 次

1. 移動が個体群動態に及ぼすある影響 ----- 1
Ajou U. 齋藤 保久 (Yasuhisa Saito)
2. 発生における細胞外シグナル因子の拡散ダイナミクス ----- 5
京大・医学 (Kyoto U.) 三浦 岳 (Takashi Miura)
3. 順応的個体群管理の数理モデル ----- 7
横浜国大・環境情報 (Yokohama Nat. U.) 松田 裕之 (Hiroyuki Matsuda)
4. 種分化の数理モデル ----- 8
東邦大・理 (Toho U.) 瀧本 岳 (Gaku Takimoto)
5. 南極淡水湖沼に見られるコケ-藻類群集の空間分布 ----- 9
明治大・先端数理科学 (Meiji U.) 池田 幸太 (Kota Ikeda)
岡山大・環境学 (Okayama U.) 秋山 知彦 (Tomohiko Akiyama)
京大・理学 (Kyoto U.) Yoju Lee
6. 捕食圧は被食者の同所的棲息性を生み出すか、破壊するか？
～協力的移住の進化理論～ ----- 23
九大・システム生命科学 (Kyushu U.) 入谷 亮介 (Ryosuke Iritani)
電力中央研 (CRIEPI) 富田 基史 (Motoshi Tomita)
静岡大・工 (Shizuoka U.) 増田 亮磨 (Ryoma Masuda)
7. 「カロリー制限効果」の進化的意義についての数理的考察 ----- 28
九大・システム生命科学 (Kyushu U.) 小泉 吉輝 (Yoshiki Koizumi)
京大・理 (Kyoto U.) 本田 一暁 (Kaduaki Honda)
8. 離散時間モデルによる感染症伝染ダイナミクスにおける感染個体再生産数 ----- 35
広島大・理学 (Hiroshima U.) 瀬野 裕美 (Hiromi Seno)