

数理解析研究所講究録 1887

RIMS 共同研究

数学と生命現象の連関性の探究
～新しいモデリングの数理～

京都大学数理解析研究所

2014年4月

数理解析研究所講究録は、京都大学数理解析研究所の共同利用研究集会および共同研究の記録として1964年に刊行が開始されました。現在の共同利用・共同研究拠点（2010年発足）の前身である、全国共同利用研究所として当研究所が発足した翌年のことでしたが、以来半世紀、毎年数十巻を刊行し、2012年には第1800巻が刊行されるに至りました。第1巻から第1840巻までに収録された論文数は26,808編、総頁数は317,199頁という膨大なものであり、最先端の数学・数理科学分野の研究状況を伝えるのみならず、我が国の数学・数理科学の発展の歴史を留める文献として、他に類例を見ない論文集となっています。

講究録の内容は当研究所のウェブサイトおよび京都大学の学術情報リポジトリにおいても公開され、年間の総アクセス数は1,254,383回（2012年度）を数えるなど、多数の方にご利用いただいています。

講究録の使用言語は論文著者の判断に任されていますが、結果的に日本語が多用されていることが特徴の一つとなっています。その結果、講究録は、数学・数理科学の広い領域における最先端の専門知識に母国語でアクセスできるものとして、近年の英語化の流れの中で、重要な文献となりつつあります。

当研究所の共同利用事業に参加し講究録の論文を執筆していただいた多数の方々に対し、講究録を大きく成長させていただいたことを深く感謝いたしますとともに、これからも、当研究所の共同利用・共同研究拠点としての活動にご参加いただき、講究録の発展にご協力いただけますよう心よりお願い申し上げます。

RIMS Kôkyûroku 1887

*Kyoto Summer Research Program
in Mathematical Biology Next Wave 2013*

June 24 ~28, 2013

edited by Hiromi Seno

April, 2014

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

数学は、他研究分野の更なる発展の可能性を生み出すだけでなく、他研究分野から創出される数理的問題によってそれ自体も大きく発展する学問である。生命現象に関する数理的問題もそのように数学の学問発展に寄与してきたことは歴史が示す通りである。生命科学の時代とも呼ばれる 21 世紀が開いて 10 年余を経過し、実際、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理論の更なる発展に対する期待はますます大きくなっている。

モデリングとは、科学的な‘ものの捉え方’といえる。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、それらを生命現象の研究に feedback する一連の過程はすべてモデリングと考えてよい。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、これからもますます意義が高まると考えられる。本共同研究は、数理分野の研究者と生物学・生命科学研究者が集い、発展性が高いテーマや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に向けた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促すことを目的とし、数理分野の研究者と他研究分野との学際的・融合的研究の契機を提供することを期して企画されたものである。

本共同研究は、研究集会

2002–2004 年「イッキ読み合宿セミナー」（幹事：齋藤保久）

2004–2005 年 RIMS 短期共同研究「生物数学イッキ読み・研究交流」（研究代表者：齋藤保久）

2006–2007 年 RIMS 共同研究「新しい生物数学の研究交流プロジェクト」（研究代表者：広島大・瀬野裕美）

2008 年 RIMS 共同研究「生物現象に対するモデリングの数理」（研究代表者：広島大・瀬野裕美）

2009–2011 年 RIMS 共同研究「生物現象に対するモデリングの数理」（研究代表者：静岡大・佐藤一憲）

2012 年 RIMS 共同研究「数学と生命現象の連関性の探求 ～新しいモデリングの数理～」
(研究代表者：東北大・瀬野裕美)

の実績と歴史を踏まえ、より発展的な研究集会を目指し、次世代に向けて新しい展開を期するものである。これらの研究集会では、様々な議論が飛交う場が生み出され、生物数学の研究に提起される新しい問題の発掘や参加者による共同研究の開始といった高いポテンシャルが示された。特に、RIMS 共同研究では、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、一線級研究者から投げかけられる課題についての議論を行う一方で、集会の“現場”において新たな研究課題を創成し、その数理モデル開発・解析を行う参加型プログラムが実施され、新しい学際的・融合的研究が生み出されてきた。数学・数理科学にとどまらない幅広い分野からの参加者が集うこれらの研究集会では、上記の目的に述べたような数理科学の発展への期待が広く存在することが明示され、集会という“現場”における研究レベルの参加型プログラムが融合型・学際型の研究発展に寄与できることが証明されてきた。

「故（ふる）きを温（たず）ねて新しきを知る」とは、芸術ではもちろんのこと、学術においても、常にその発展の機動力となってきたプロセスの一つであることは疑うべくもない。生命現象に関する数理的研究においても、古典的な数理モデルが様々な場面、多様な分野で見直され、新しい分野を切り開く標（しるべ）となってきた。本共同研究では、特に、このことを再認識し、生命現象に対する古典的な数理モデルの本質に触れ、そこから現代の息吹を生み出すことを目指した。

本共同研究では、下記の各セッションにおいて、セッションオーガナイザによる講演を含め、生物学・生命科学の分野における様々な数理モデルの基礎となっている population dynamics（個体群動態）の数理モデリングに関する文献 大久保明著「生態学と拡散」, 217pp., 築地書館（1975）による集中セミナー〔参加者による文献分析研究〕を行った。参加者各自が文献の内容に関する議論を集中的に行うことにより、参加

者同士の密な研究交流を促し、生命現象に対する古典的数理モデルの本質に触れ、現代の視点からそこに潜む新しい問題を創成しようという試みである。このセミナーの後、参加者が数グループに別れ、各グループで最前線の講義と関連するセミナー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取り組み、最終日に、各グループによる成果発表を行った。それらの研究課題については、本集会后も参加者間で検討を進め、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】

今 隆助 (宮崎大) : 基礎理論と生態系での受動的拡散

山口 諒 (九州大)・根上 春 (東京大)・寺口俊介 (大阪大) : 仕事とリズム ～オーバーワークに意味はあるか～
桑村雅隆 (神戸大) : 生物拡散の数理的取扱い

池田幸太 (明治大) : 動物の行動と拡散・群がり

高須夫悟 (奈良女子大) : 時空間における生物拡散の諸問題

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：

- ポテンシャルモデルを用いたスムーズな降車条件の検討
- 遊園地 Satisfy ～意志決定方式による混雑状況の違い～
- 教室の座席配置で私語を減らせるか？ ～セルオートマトンモデルを利用した私語発生のシミュレーションとそのコントロール方法の検討～
- 最高の離婚
- 対人ネットワークの時間的変化 ～なぜあなたは「ひとりぼっち」なのか
- パッチ移動による死亡リスクと睡眠時間の最適戦略

いずれの研究課題も、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。本講究録の内容から新しい研究がさらに展開されるならばそれほど喜ばしいことはない。



研究代表者 瀬野裕美 (東北大学)

運営幹事 齋藤保久 (島根大学)

企画協力 佐藤一憲 (静岡大学)

2014 (平成 26) 年 2 月

数学と生命現象の連関性の探究 ～新しいモデリングの数理～
Kyoto Summer Research Program in Mathematical Biology Next Wave 2013
RIMS共同研究報告集

2013年6月24日～6月28日
研究代表者 瀬野 裕美 (Hiromi Seno)

目 次

1. 対人関係ネットワークの時間的变化
～なぜあなたは「ひとりぼっち」なのか ----- 1
東大・農学生命科学 (U. Tokyo) 吉田 誠 (Makoto Yoshida)
龍谷大・理工学 (Ryukoku U.) 鈴木 秀典 (Hidenori Suzuki)
静岡大・工学 (Shizuoka U.) 松井 淳一 (Junichi Matsui)
2. 離婚に関する数理モデルの考察 ----- 8
龍谷大・理工学 (Ryukoku U.) 新城 直幸 (Naoyuki Shinjou)
島根大・総合理工 (Shimane U.) 岩本 眞果 (Mami Iwamoto)
石原産業(株) (Ishihara Sangyo Kaisha, Ltd.) 森 光太郎 (Kotaro Mori)
3. セル・オートマトン法及び平均場近似を用いた教室内の私語形成モデル ----- 18
九大・システム生命科学 (Kyushu U.) 久保 裕貴 (Yuki Kubo)
" 田川 一希 (Kazuki Tagawa)
島根大・総合理工 (Shimane U.) 板木 好弘 (Yoshihiro Itaki)
統数研 (Inst. Stat. Math.) 島谷 健一郎 (Ken-ichiro Shimatani)
4. 自己駆動粒子モデルを用いた混雑した公共交通機関からの
乗客降車シミュレーション ----- 23
統数研 (Inst. Stat. Math.) 深谷 肇一 (Keiichi Fukaya)
静岡大・工学 (Shizuoka U.) 石原 純司 (Junji Ishihara)
京大・アジア・アフリカ地域研究 (Kyoto U.) 大出 亜矢子 (Ayako Oide)
5. 遊園地におけるアトラクションの選択方法による満足度の比較 ----- 28
東北大・情報科学 (Tohoku U.) 小田島 佳織 (Kaori Odashima)
島根大・総合理工 (Shimane U.) 畑 晶博 (Akihiro Hata)
東大・農学生命科学 (U. Tokyo) 後藤 佑介 (Yusuke Goto)
6. パッチ移動による死亡リスクと睡眠時間の最適戦略 ----- 36
横浜国大・環境情報 (Yokohama Nat. U.) 土光 智子 (Tomoko Doko)
島根大・総合理工学 (Shimane U.) 嶋津 恒彦 (Tsunehiko Shimazu)
明治大・先端数理科学 (Meiji U.) 田口 亮太郎 (Ryotaro Taguchi)

講究録

Kôkyûroku

RIMS Kôkyûroku was started in 1964 as the proceedings of symposia, colloquia and workshops supported by RIMS, the Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University. It was the next year of the establishment of RIMS as one of the nationwide Cooperative Research Centers, the preceding system of the current Joint Usage/Research Centers that started in 2010. For half a century since then, about 50 to 60 volumes have been issued each year, and the 1,800th volume was issued in 2012. The volumes of Kôkyûroku from the 1st through the 1,840th, containing enormous 26,808 articles and 317,199 pages, not only deliver the latest research activities in mathematics and mathematical sciences but also constitute valuable and incomparable collections of articles that pass down history of progress of mathematics and mathematical science in Japan.

Articles in Kôkyûroku are available on the websites of RIMS and Kyoto University Research Information Repository. They are very frequently accessed on the internet, with a total of as many as 1,254,383 accesses in 2012.

The authors choose the languages to write articles, and many are written in Japanese, which is one of the characteristics of Kôkyûroku. As a result, Kôkyûroku is regarded as a significant and important literature which allows easy access to the latest specialized knowledge in the large fields of mathematics and mathematical sciences written in native language for Japanese readers, while more and more research papers are being written in English in recent years.

We are deeply grateful to many of those who have participated in cooperative research activities of RIMS and greatly developed Kôkyûroku. We heartily ask for your continuous participation in research activities at RIMS as a Joint Usage Research Center and your warm support and cooperation for the fruitful development of Kôkyûroku.