

数理解析研究所講究録 1966

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～

京都大学数理解析研究所

2015年10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 1966*

*Kyoto Winter Research Program  
in Mathematical Biology Next Wave*

*January 19~23, 2015*

*edited by Hiromi Seno*

*October, 2015*

*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解題によってそれ自体も大きく発展する学問であり、生命現象に関する数理解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 余年が経過した現在、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、生物学・生命科学に関する研究集会における発表内容からも顕著に認識される。

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解題を進展させ、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、生命現象に関する理論的・数理的な研究課題についての議論を通じて、発展性が期待される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行われたものである。

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)

2012–2013 年 RIMS 共同研究「数学と生命現象の関連性の探求 ～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、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\*。さらに、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は融合型・学際型の研究発展に寄与できる研究集会の特別な形態として意義をもつことが証明されてきた。

「温故知新」という過程は、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解題においても、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、こ[故]のことを再認識し、生命現象に対する古典的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。参加者は、生物学・生命科学の分野において様々な数理モデルの基礎となり、個体群動態の時空間ダイナミクスに関する数理モデル研究の発展に重要な寄与をしたことにより高い評価

\*それらの成果は、京都大学数理解析研究所講究録 1556, 1598, 1653, 1706, 1757, 1789, 1863, 1887 に収められている。

を受けている論文やそれらの基盤となる数理解念の総説を対象とした下記の各セッションにおいて、集中セミナー〔参加者による文献分析研究〕を行った。参加者間で文献の内容に関する議論を集中的に行うことにより、参加者相互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する企画である。このセミナーの後、参加者が数グループに別れ、各グループは、メンバーの研究分野や上記集中セミナーの内容をシードにして、新たな問題の発掘を行うためのブレインストーミングによって新しい問題を設定し、最終日の成果発表を目指して、数理モデルの開発および解析に取り組んだ。会期後、各グループは、最終日の成果発表に基づいて、更なる議論・解析・考察を進め、そ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題目】

岸 茂樹（京都大学）：個体群動態の調節機構の基礎理論

吉田 誠（東京大学）

鈴木秀典（龍谷大学）：対人関係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

松井淳一（静岡大学）

谷内茂雄（京都大学）：Levins の数理モデリング再考

國谷紀良（神戸大学）：May の数理モデリング再考

李 聖林（広島大学）：Turing の数理モデリング再考

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：

- 災害から非難する際の移動の決断の速さと正確性 ～生存率への影響～
- 社会的評価と組織の持続性の関係 ～なぜ「カルト団体」はつぶれないのか～
- 仕事効率を最大にする休憩のタイミングと長さ
- 時差ぼけダメージに基づいたパイロットのフライトプラン決定
- ひとりでやるか？みんなでやるか？ ～仕事の質と量に適した専業と分業の選択～
- なぜ少数のメジャーマンガと多数のマイナーマンガがあるのか？  
～人気投票動態モデルを用いたマンガの連載期間の分布～

いずれの研究課題も、新奇性、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掘されたことは大変に意義深い。本講究録、そして、これまでの一連の共同研究によって発行された講究録の内容から新しい研究がさらに展開されたらば、代表者らにとっては望外の喜びである。



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）

2015（平成27）年7月

完

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～  
Kyoto Winter Research Program in Mathematical Biology Next Wave  
RIMS共同研究報告集

2015年1月19日～1月23日

研究代表者 瀬野 裕美 (Hiromi Seno)  
副代表者 齋藤 保久 (Yasuhisa Saito)  
" 佐藤 一憲 (Kazunori Sato)

目 次

1. 社会的評価と組織の持続性の関係 ----- 1	
東北大・理学 (Tohoku U.)	山田 大貴 (Taiki Yamada)
東大・総合文化 (U. Tokyo)	小林 祐一朗 (Yuichiro Kobayashi)
島根大・総合理工 (Shimane U.)	野田 あやか (Ayaka Noda)
2. ひとりでやるか？みんなで作るか？： 仕事における最適な作業切替時期の検討 ----- 11	
九大・理 (Kyushu U.)	里居 伸祐 (Shinsuke Satoi)
水産総合研究センター (FRA)	山田 勝雅 (Katsumasa Yamada)
島根大・総合理工 (Shimane U.)	小國 仁嗣 (Hitoshi Oguni)
3. 仕事効率を最大にする休憩のタイミングと長さ ----- 18	
京大・生態学研究センター (Kyoto U.)	稲葉 優太 (Yuta Inaba)
島根大・総合理工学 (Shimane U.)	谷口 歩 (Ayumu Taniguchi)
九大・医学 (Kyushu U.)	中益 朗子 (Akiko Nakamasu)
4. 時差ぼけダメージに基づいたパイロットのフライトプラン決定 ----- 23	
同志社大・生命医科 (Doshisha U.)	中村 拓人 (Takuto Nakamura)
島根大・総合理工 (Shimane U.)	野一色 功 (Tsutomu Noishiki)
京大・農学 (Kyoto U.)	太田 健一郎 (Kenichiro Ota)
東大・情報理工学系 (U. Tokyo)	松田 孟留 (Takeru Matsuda)
5. 災害から避難する際の移動の決断の速さと正確性 ～生存率への影響～ ----- 28	
龍谷大・理工学 (Ryukoku U.)	高嶋 あやか (Ayaka Takashima)
島根大・総合理工学 (Shimane U.)	河端 寛朗 (Hiroaki Kawabata)
静岡大・総合科学技術 (Shizuoka U.)	尾崎 透 (Toru Osaki)

6. なぜ少数のメジャー漫画と多数のマイナー漫画があるのか？	
～人気投票モデルをもちいた漫画の連載期間の分布予測～	----- 34
静岡大・工 (Shizuoka U.)	鹿山 大輔 (Daisuke Shikayama)
島根大・総合理工学 (Shimane U.)	板木 好弘 (Yoshihiro Itaki)
京大・白眉センター/生態学研究センター (Kyoto U.)	山道 真人 (Masato Yamamichi)
7. メタ個体群モデルに関するモデリングの数理	----- 41
東北大・情報科学 (Tohoku U.)	瀬野 裕美 (Hiromi Seno)
静岡大・総合科学技術 (Shizuoka U.)	佐藤 一憲 (Kazunori Sato)
島根大・総合理工学 (Shimane U.)	齋藤 保久 (Yasuhisa Saito)