訳者まえがき

本書はテキサス工科大学の Linda Allen 教授の An Introduction to Mathematical Biology の日本語訳である．著者まえがきにあるように， Allen 教授がテキサス工科大学の数学統計学科の大学院 1 年生の講義で本書を用いている．この講義は数学や工学，生物学の学部生にも開放されていて，生物学における様々な数理モデルの紹介とその解析手法を教授することを目的としている．必要な数学知識は微積分や線形代数，微分方程式の初歩的なものであるので，大学で理系の基礎的な数学を学んだ学生で，生物学における様々な興味深い現象を数学を用いて理解することに興味をもつ日本の学生にとっては，役に立つ教科書である．

本書の特徴は生物現象の時空間ダイナミクスを理解するために必要な力学系

（A）．離散時間モデル：差分方程式系

（B）．連続時間モデル：常微分方程式系

（C）．空間や年齢構造を含んだモデル：偏微分方程式系

の基礎理論をコンパクトにまとめていることである．特に差分・常微分・偏微分方程式系の解析手法が 1 冊にまとめられている点，多くの例題が取り上げられている点，また練習問題が多くあげられている点が入門書として優れていている．また取り上げられている生物現象は個体群ダイナミクスや感染症モデル，神経系のモデルなど範囲が広い．MATLAB や Maple プログラムが与えられているので，本書で取り上げられている数理モデルを簡単に数値シミュレーションすることが可能である．解説された数理モデルの定性的な性質を数値シミュレーションで視覚的に確認することができる．したがって，時間・空間発展する生物現象を調べるために必要な数学的手法と数学モデリングを学ぶための格好の入門書である．

An Introduction to Mathematical Biology を翻訳するきっかけとなったのは, 静岡大学先端数理生命インスティチュートが主催した夏合宿「AN INTRODUCTION

TO MATHEMATICAL BIOLOGY イッキ読み」であった．本合宿は浜名湖湖畔のカリアック商工会議所福利研修センターで 2010 年 8 月 30 日から 9 月 1 日までの 2 泊 3 日で行われた．日本数理生物学会（http://bio-math10.biology.kyushu-u.ac.jp/ jsmb/）のメーリングリストで参加者募集が行われ，静岡大学・岡山大学・東京大学・龍谷大学・広島大学・名古屋大学・情報通信研究機構から 35 名が参加した．参加者は学部 4 年生から修士課程・博士課程の学生，ポスドクや若手研究者が中心であった．合宿運営（イッキ読みの分担，会場の手配，参加者交流会の計画など）は静岡大学工学研究科 2 年生冨田貴之（現在 JR 東海）君が自主的に行った．合宿では An Introduction to Mathematical Biology の連続時間モデル：常微分方程式系（第 4〜6 章）を朝の 8 時半から夜の 10 時までイッキ読みした．参加者が分担部分を講義（発表者が先生，それ以外は生徒）し，生徒はいつでも質問してもよい形式で行われ，特に学生には良い経験になった．合宿終了後，合宿参加者 10 人で翻訳を行った．

イッキ読み夏合宿は静岡大学先端数理生命インスティチュートと科研費基盤 (C)22540122 から援助を受けた．また出版にあたっては共立出版株式会社の信沢孝一氏に大変お世話になりました．ここに感謝の意を表します．

本書を通じて，生物現象を力学系理論を通して理解しようとする数理生物学の分野に興味をもち，数学の奥深さを感じ取ってもらえれば幸いである．

2011 年 9 月 翻訳・監訳者一同

まえがき

本書の目的は，生物学的システムに対する様々な数理モデルを紹介し，数理モデルを解析するために必要な数学理論と手法を示すことである．Leslie 行列モデルや Nicholson-Bailey モデル，Lotka-Volterra 捕食者・被食者モデルを含む集団生物学における古典的な数理モデルが議論される．ヒト免疫不全ウイルス (HIV) に対するモデルやコクヌストモドキに対するモデルのような最近研究されてきたモデルも議論される．著者の専門性から，集団生物学や疫学から多くの数理モデルが取り上げられた．しかし，集団遺伝学や細胞生物学，生理学からもいくつかのモデルをあげた．本書は差分方程式や常微分方程式で定式化される決定論的数理モデルを対象としている．第 1 章から第 6 章でその基礎を学ぶ．時間経過に伴う解の定性的な挙動を調べることがおもな目的である．

本書の内容はテキサス工科大学の数学統計学科で講義された大学院 1 学期分に相当する．本課程は大学院 1 年生が対象であるが，数学や工学，生物学の学部生にも開かれている．本課程の目的は，生物学におけるモデリングにしっかりとした数学的基盤を与え，学生が生物学における様々な数理モデルに触れることにある．必要な数学の知識は，微積分や線形代数，微分方程式の初歩的なものである．

本書は生物学への応用からではなく，その基礎となる数学理論に従って構成されている．線形差分方程式と線形微分方程式の基礎理論が第 1 章と第 4 章でそれぞれレヴューされる．読者の知識を考えて，トピックスごとに簡単な説明で済ませる場合と詳しく述べている場合がある．第 1〜3 章で差分方程式モデルが取り上げられ，第 4〜6 章で微分方程式モデルが取り上げられる．最後の第 7 章は生物学における偏微分方程式モデルが導入される．各章で生物学における様々な例が取り上げられ，数学理論がどのように応用されるか説明される．生物学における同じ例がいくつかの章にわたって取り上げられることもある．たとえば疫学モデ

ルや捕食者・被食者モデルは，第 2・3 章では差分方程式，第 6 章では微分方程式として定式化される．このようにして，異なるモデルそれぞれの利点が比較できる．第 3 章と第 6 章ではおもに生物学への応用が取り上げられる．読者の興味によってこの 2 つの章に与えられた応用例を選んでほしい．各章で議論された数学的概念をより深く理解するため，各章の最後に演習問題があげられている．様々なモデルの動的挙動を理解するために，付録に与えられた MATLAB や Maple プログラムを利用してほしい．これらのプログラムは別のモデルや別のプログラミング言語に簡単に書き換えることができる．本書で取り上げられた最近の生物学モデルに関する研究は偏っているかもしれない．数理生物学は現在急速に発展している分野であるので，本書で取り上げられていない生物学的応用に関しては別の著書を参考にしてほしい．本書の各章の最後にこのような文献をいくつかあげておいた．

私は 1978 年に初めて数理生態学の講義を受講したが，それ以来生物学分野に数学を応用するという数理生物学に惹きこまれてしまった．この講義はテネシー大学における私の博士号指導教官 Thomas G. Hallam 教授によるものであった．Tom Hallam 教授は，E. C. Pielou の著書 *Mathematical Ecology* と Robert M. May の著書 *Theoretical Ecology Principles and Applications* を参考にした素晴らしい講義ノートで講義を行った．私は 1989 年に初めて講義を行ったが，初めの数年間は Edelstein-Keshet の素晴らしい教科書 *Mathematical Models in Biology* を用いた．参考文献として James D. Murray の *Mathematical Biology* も使った．その後これらの素晴らしい本を参考にして数理生物学に関する自分自身の講義ノートを書いた．本書はこの講義ノートをまとめたものである．

本書を完成するに当たっては多くの方に感謝を述べなくてはならない．私の夫 Edward Allen には，第 2 章の分岐図作成や本書の第一次案に対する批評など，本書を何回も書き直すたびに協力してもらった．私の娘 Anna Allen には，度々励ましてもらった．テネシー大学の Thomas G. Hallam 教授には私を数理生態学の分野に導いてくれたこと，また一貫して私を応援してくれたことに感謝したい．本書の初稿に目を通していただき様々なコメントを頂いた次の Prentice Hall の検閲者の方々に感謝する：Duke 大学の Micheal C. Reed, McMaster 大学の Gail S. K. Wolkowicz, North Carolina State 大学の Xiuli Chao. 本書の初稿に対してタイプミスや内容のチェックをし修正箇所を指摘してくれた友人や同僚の方々に感謝する：Luisiana at Lafayette 大学の Azmy Ackleh, Austin State 大学の Jesse Fagan, Stephen F.（第 1〜4 章）；Luisiana at Lafayette 大学の R.-J. Jang（第 1〜6 章）；

Texas Tech 大学の Lih-Ing Roeger（第 1〜6 章）．さらに Texas Tech 大学の David Gilliam には LaTex や MATLAB について助けてもらった．第 5〜7 章のベクトル場の矢印の付いた相平面図を作成するために，Rice 大学の John C. Polking が作った MATLAB プログラム pplane6 を用いた．生物数学の講義を受講した多くの大学院生には，演習問題の誤りを指摘してもらった．多くの演習問題を手伝ってもらった次の方々に感謝する：Armando Arciniega, David Atkinson, Amy Burgin, Garry Block, Amy Drew, Channa Navaratna, Menaka Navaratna, Keith Emmert, Mathew Gray, Kiyomi Kaskela, Jake Kesinger, Nadarajah Kirupaharam, Rachel Koskodan, Karen Lawrence, Robert McCormack, Shelly McGee, Wayne McGee, Penelope Misquitta, Rathnamali Palamakumbura, Niranjala Perera, Sarah Stinnett, Edward Swim, David Thrasher, Ashley Trent, Curtis Wesly, Nilmini Wijeratne, Yaji Xu.

Florida 大学の Patrick de Leenheer には本書の内容をチェックしてもらったので特に感謝したい．Texas Tech 大学の同僚には教育・研究の素晴らしい環境を用意していただき感謝する．最後に絶えることのない神の援助と導きに感謝する．数多くの提案や修正を多くの友人や同僚から頂いたが，本書の最終稿における誤りはすべて私の責任である．

日本の読者へ

Message to Japanese Readers

It is an honor for my book to be translated into Japanese. I thank you for your hard work with a special thanks to Professor Yasuhiro Takeuchi for his efforts in making this translation possible. This introductory textbook summarizes some of the basic mathematical theory useful to the analysis of biological systems. Some well-known models are discussed such as predator-prey and competition models, Leslie's matrix model, and metapopulation models as well as more recent models applied to virus dynamics. The mathematical results and the models discussed in this book summarize the contributions of many scientists who have worked at the interface of mathematics and biology including Alfred Lotka, Vita Volterra, Patrick H. Leslie, Benjamin Gompertz, Warder C. Allee, Alexander V. Nicholson, Victor A. Bailey, Ronald A. Fisher, Richard Levins, Robert M. May, and many others. Their research on predator-prey systems, population growth, insect parasitoid systems, genetics, metapopulations, and competition have inspired many of us to pursue careers in mathematical biology. My hope is that this introduction to mathematical biology will be helpful as you begin your research in this fascinating field.

Linda J. S. Allen, Department of Mathematics and Statistics, Texas Tech University, Lubbock, Texas, U.S.A.

March 10th, 2011