

本書の使い方

本書は、従来出版された生物学、生命科学の教科書とは、かなり趣を異にしている。そのため、本書を使って学習する学生のみならず、指導される教員の方々にも、本書の特徴を説明し、その効果的な利用法を予め説明しておくことにしたい。

基本的な問題意識

生命現象を理論的に理解するにはどのようにしたらよいだろうか。数学における定理、物理学における数式で表される法則などがあれば、自然科学の究極的な真理に近づくことができる。生命現象にもこのような法則があるだろうか。生命現象も基本的には物理現象であるとすれば、物理学の法則だけあれば十分なのだろうか。しかし無生物と生物では、何かが違うのではないだろうか。原理的にはすべての物理現象が記述できるというシュレーディンガー方程式のように、それさえあればどんな生命現象でも解析可能になる解析方法はあるだろうか。

現代生命科学は少しずつこうした領域に近づきつつあるように思われる。しかし、い

●細胞の構造と細胞小器官

●細胞内輸送 ●生物の階層

◆ 例題 2-1

演習 4-1

宿題 5

発展 1

テーマ : 章で取り扱う内容を展望できる

構成の把握や、到達目標・重要ワードの整理として、役立ててみよう

例題 : 生命科学的な予備知識があまりなくとも、手を動かせる

本文を、異なる角度（具体的な計算など）から学んでみよう。なお、本書では読者に「何かが掘めた」感覚を抱いてもらうという趣旨で問題を用意した。そのため、例題だけでなく演習・宿題にも言えるが、計算の有効数字や近似などは、あまり厳密に考慮しなくてよく、概数を求めるという前提で取り組んでもらいたい（定数なども、問題ごと異なる場合があることに注意されたい）

演習 : 概念や考え方を、複合的な観点から身に付ける

生命現象について、設問について考えながら、理解を深めていこう。各章の本文、場合によっては問題のねらい・背景となる知識を参考に、解答の正誤よりも、扱った考え方や現象自体に注目していくことが本書では重要である

宿題 : コンピュータを使って、動かし、調べる

シミュレーションをはじめ、手順通り作業することで「結果」を得ることができる。そこで立ち止まって意味を考えてみよう

発展 : やや高度なもの、章区分に収まらないものにチャレンジ

付録 A では、生命科学のかかわる範囲の広さを実感しよう（解答はサポートページから入手できる）

関連図書・参考文献 : もっと勉強したい人のために

付録 C では、章ごとの「次の一步」をサポート。興味が湧いた分野について、文献を手がかりに、知識を広げよう

まずぐにこうした法則や方程式が目の前にあるわけではない。生命科学で使われる数式や解析手段は、物理学で使われるものとは少し違うかもしれない。少なくとも、ニュートンの運動方程式のように単純な微分方程式ですべてが解決できるなどということはないだろう。もちろん細胞の増殖など、比較的単純な微分方程式で表現できるものもある。しかし生命システムを記述するには、非常に高次の多数の微分方程式の集まりが必要になる。本書の最後の方には、多数の微分方程式を使った複雑系の解析が、ミクロな方では細胞内の現象にも、マクロな方では進化の解析にも、それぞれ有効な研究手段となってきたことが述べられている。しかしこうした方程式によって、「生きていること」とは何かという究極の疑問に答えられるのか、まだ半信半疑の人も多い。それでも生命現象が究極的には物理学や化学の言葉で記述できるようになるという確信をもたなければ、そうした道も拓けないだろう。

以上のような問題意識に基づいて、本書の使い方について簡単に説明したい。

これまで自然科学として主に物理・化学を勉強してきた学生のみなさんへ

生物学は暗記物で、理論がないと思われてきたかもしれない。高校や大学の物理分野の講義では、世の中のことはすべて物理学で理解でき、物理学が自然科学の基本であると主張し、学生に教えていることが多いのが現状である。そのため、みなさんの多くが、計算できないものは正当な科学ではないと思っているかもしれない。化学の分野でも、元素記号や化学式など、覚えなければならないものは多いが、やがてすべての化学は計算でできるようになるといわれてきた。分子動力学などと呼ばれる分野では、分子の挙動を計算で理解しようとする。

それは生物学（生命科学）でも同様である。生命現象を理解するのに、タンパク質の分子動力学だけでなく、数理的な解析、システム的な方法が導入されている。複数の遺伝子がかかわる複雑な遺伝病の解析などでは、大規模データの統計的解析が行なわれている。細胞が示す挙動をすべて計算で理解できるようにする試みも進められている。生物を利用した物質生産では、代謝経路のどこを改変すれば効率が上がるのかをシミュレートするのが当然のこととなってきた。現代社会で必要とされる生命科学領域は非常に大きくなり、どんな分野の科学にも生命科学の理解が重要になってきている。生命科学自体も変化してきていて、覚える部分がないとはいえないものの、理論的に理解する可能性が大きく膨らんできていることは間違いない。

本書では、原理・原則を重視し、覚えることはできるだけ少なくした。重要事項はパ

ネルに集約したが、覚えるものではなくその都度参照するもの、と捉えてくれてよい。本文の中に例題を入れ、例題を解きながら、内容の理解を促すようにしている。本格的な計算問題が多いので、数学や物理に慣れているみなさんには馴染みやすいだろう。中身がよくわからなくても、とりあえず計算から取り組んでもらいたい。計算を行なう過程で、どんな前提があるのか、この計算によって何がわかるのか、などを少しずつ理解し、それによって、生命科学の理解へとつなげてもらいたい。他の生命科学の教科書のように、あらゆる事項を説明しているわけではないが、興味をもった事柄があれば、それぞれの事項の関連図書（付録C）をもとに、より深く学んでほしい。

これまでに生物学を勉強してきた学生のみなさんへ

高校で生物を選択した学生のみなさんにも、本書は非常に役立つと期待している。大学レベルの一般的な生命科学教材では、分子レベルの知識が追加され、物質名や物質間の相互作用などについて、非常に細かい知識が展開されるだろう。しかし本書では、そういうこととは別のレベルの生命科学を目指している。現実の生物は、そうした多種多様な物質（遺伝子やタンパク質や生体物質など）が組織化され、大きな統合的なシステムとして機能している。その場合、1つ1つの物質が特定の機能をもつように思われることもあるかもしれない。例えば、「何々病の遺伝子」などという場合がそれである。しかし、1個の遺伝子がある病気や形質を指定しているわけではなく、それも生物体全体の組織構造の一部として、そう見えるだけである。20世紀の生命科学では個別の物質や遺伝子の記載が中心であった。21世紀に入り、ポストゲノム時代の生命科学では、生物をシステムとして理解することが重要になってきた。

本書で目指すのは、個別の物質や個別の知識を超えて、生命システムをどのように理解するかというアプローチの基本を学ぶことである。本書の前半に関しては、比較的馴染みのあることが書かれていると思うが、本書の後半のシステム的な理解については、まったく新しい領域であるはずである。生命システムをどのように理解していくか、演習を解きながら、特に考え方に集中して学んでもらいたい。

指導される教員の方々へ

実は本書の利用に関して、編集委員会が最も懸念しているのが、教員のみなさんに意図を正しくお伝えできるかという点である。大学の教養レベルの生命科学では、生体物

質、代謝経路、遺伝子と分子生物学、胚発生、生態・進化などが扱われており、それを教える教員も、生化学、分子生物学、発生学、生態・進化学などを専門とする研究者が多いと思われる。こうした分野の立派な教科書を見ると、覚えなければならない物質や事項、概念が詰め込まれており、基礎的な講義をする教員は、理念はともかく限られた講義時間の中では、そうしたものの一部だけでも教えようということになる。しかし知識はいまや爆発的に増加していて、それを追いかけていこうとすれば、きりが無いのが現状である。むしろ知識はウェブでも調べられるようになり、間違いもあるとはいえ、教員自身も、注意しながら情報をアップデートしているのが実情であろう。そうした中で、生命科学の本当のコアは何かと考えたとき、前述の「生命とは何か」ということが浮かび上がってくるはずである。

一方で現在の高校教育では、受験の便宜のため、理工系の学生は、理科として物理と化学の2科目しか学んできていないのが一般的である。生物を含む理科基礎を多くの学生が履修しているとはいうものの、生命科学の素養はごく限られているというべきである。

本書では、理工系の学生にとって馴染みやすい数式から入って、生命科学へと導くというスタイルをとっている。本文はあまり長くなく、例題・演習をたどることにより、具体的な例から理解を促すスタイルである。特に、章末にある演習問題は、教室で教員が解き方をたどってみせることにより、学生の理解を深めるようにできている。宿題としたものは、自宅などでコンピュータを使って自習するのに適した課題で、教員が講義で実演してもよいし、学生に講義内実習として取り組ませても、あるいは文字通り自習課題として与えてもよい。発展問題（付録A）は、章のテーマの延長上にある多少高度な内容を扱っており、学生が完全に1人で解くことはできないかもしれないが、解答もサポートページに準備してあるので、自習課題として役立てていただきたい。

なお、本書を講義で使う前には、教員のみなさんも、ぜひ一度問題に取り組むことをお勧めする。自分で手を動かすと不思議と世界が変わってくる。編集の途中でも、考えているうちに面白くなる、前からどこかおかしいと思っていた計算のポイントに本文を素直に読んでいて気づく、そのような出来事がいくつもあった。まずはやってみることで興味をそそるというスタイルは、教員にとっても学生にとっても、これまでの教室でただ説明をするというのとは、だいぶ違ったものになるはずである。指導にあたっては、学生からの反応をしっかりと受け止めていただき、場合によってはフィードバックいただきたい。いままでの生命科学の講義とは異なる反応が得られること、あるいはこれからの生命科学教育や研究が変わっていくことのきっかけになれば幸いである。