

本書を推薦する理由

科学の1分野が、成功を収めているかどうかを判断するとき、その基準は、その分野の概念や原則が将来もたらす成果にあるのではなかろうか。この観点から、生態学と保全生物学について考えてみたい。生態学者や保全生物学者らは、さまざまなことに挑んできた。世界の人口は今後増えていくと予想されている。気候も変動するだろう。そのような状況の中、今後、種・個体群・群集がどのように変動し、維持され、そして進化するのだろうか？生態学者や保全生物学者らは、持てる知識を最大限に活用し、この問いに答えようと努めてきた。その主要な武器となったのはモデルである。

生態系や個体群の保全計画を立てる場合も、天然資源を管理する場合も、モデルは欠かせない道具となっている。生態学や保全生物学では、モデルによって概念が発達し、知識が体系化され、研究の道標となってきた側面がある。この点については、他の科学分野と同じといえよう。コンピュータによるモデル化で「仮想実験」が可能となり、それによってより深い理解へとつながった。しかし現在、今まで以上に、数理モデルやシミュレーションモデルは重要な存在となってきた。過去および現在のデータや今後の見通しから将来を予想するには、モデルが不可欠である。この30年間、モデルは飛躍的に発展し、ますます頻繁に使われ、存在感を増し、複雑精妙なものになってきた。その背景としては、パーソナルコンピュータの登場が大きい。パソコンは、価格が手頃となると同時にパワフルにもなってきた。そのお陰でモデルを簡単に扱えるようになった。そして、モデルの利用に特化したソフトウェアが発達したことの意義も大きい。

今やモデルは馴染み深いものである。しかし同時に、危なっかしいものでもある。科学者ではない人でも常に、無意識のうちにモデルを使い、行動を選択している。例えば、毎日の着るものを決めるとき、「経験則」による単純なモデルを使い、どの色の組み合わせが相補的で、どの組み合わせが相反的か判断しているに違いない。また、複雑な気象モデルの予想（つまり天気予報）に基づいて、暖かい衣類と涼しい衣類のどちらを着ていくべきか判断しているはずである。科学

者には、日頃から使ってきた統計モデルがある。またの名を「頻度主義統計モデル」という。このモデルでは、あることがらの間に一定の関係があるかどうかを、帰無仮説の検証によって判定するが、そのための仕様が定められている（例えば、有意水準5%未満）。しかし、このモデルは万能薬ではない。生態学者、保全生物学者、そして資源の管理者らは、このモデルを信じていないのではなかろうか。このモデルの使っている数学の手法はあまりに複雑である。また、モデルを作るコンピュータ言語のコードも理解しづらく、モデルで想定されている因果関係やパラメータの推定値も不明確である。習慣として使っている0.05という p 値も作為的なシロモノである。帰無仮説が真である場合でも、5%の確率で誤って棄却されてしまう。これでは、自然界から有益な情報を集めて資源管理をしようにも、制約が大きすぎる。

この懸念を解消するのは、ベイズ統計学の方法である。ベイズ法では、実際に得られたデータを活用し、あるいはデータ間の因果関係を使い、生態システムを推定する。ベイズ法に基づくモデルは、所与のデータの下で、仮説や因果関係の正しさを確率で評価できるのありがたい。モデルの構造やパラメータの推定値には不確かさがつきものだが、ベイズ法は、事前の知識や予想を活用することで、不確かさをモデルに目に見える形で取り込むことができる。モデルによる推定結果は、事後分布という形式で得られる。ベイズ法の要は、分布からのリサンプリングにある。ベイズ法が近年急速に発展したのは、リサンプリングという手法が有効であり、さらに、コンピュータが発達したお陰でマルコフ連鎖モンテカルロ法（MCMC法）によるリサンプリングの数値計算が容易になったことによる。

本書ではベイズ法がわかりやすく手ほどきされ、個体群の分析に応用できるように配慮されている。さまざまな例が紹介されているが、いずれも生態学や個体群管理の場面で用いられているものばかりである。例えば、個体数の計数値データや個体群の変化率を解析することで、個体群の変動を理解できる。広範に分布する種を対象として、パッチ占有率やメタ個体群の動態を推定することもできる。さらに、より実践的な手法も紹介されている。野外で個体群動態を調査して得られるデータは、多くの場合、隠れて見えないプロセスがその背後にあるために、標本の抽出は不完全となる。本書では、それを前提として組み立てるモデル、すなわち階層モデルも紹介されている。このモデルは、観測対象の生態プロセスを明らかにするだけに留まらない。野外での標本抽出には隠れたプロセス（個体の検出率の変動などはその一例である）がつきまとうが、階層モデルでは、それによる不確実性も明快に説明できる。本書では、RとWinBUGSという、広く普及する無料のプログラミング言語を駆使してモデルを実行している。Rと

WinBUGS は、学生にとっても、モデルを始めたばかりの初心者にとっても、最高の組み合わせであり、本書でさまざまな方法を学ぶことができるだろう。初心者の域を脱している読者諸氏も、ページをめくるたびに新しい発見があり、新しい技を身につけられることだろう。筆者が自ら証人となって保証する。

モデルを賢く使い、よりよい意思決定を行なうことで、個体群を絶滅から護り、できれば回復させたいものである。そのためには、まずモデルに固有の特徴を理解する必要がある。そして、モデル構造のベースとなっている仮定が妥当かどうかを判断する必要がある。さらに、モデルが将来を正確に予測できるかどうか、その能力を検証する必要がある。本書を学ぶことでモデルの特徴が理解され、仮定の妥当性を評価できるようになり、モデルを自在に構築できるようになるだろう。とはいえ、生態学者や保全生物学者らにとっては、自作のモデルをうまく実行できるかどうかを判断するだけでもたいへんである。しかも、その作業を行なったとしても、将来の予測が簡単にできるとは限らない。だが野生動植物の個体群を適切に管理するニーズは、間違いなく大きい。人類の人口増にともなう絶滅の予想、あるいは気候の温暖化にともなう絶滅の予想……こういった絶滅は回避しなければならない。そのためには、本書で紹介されているさまざまなモデルを応用し、野外の研究でそのモデルを改善していく営みが何よりも重要である。筆者はそう確信してやまない。

Steven R. Beissinger

カリフォルニア・バークレーにて