



「環境問題の数理科学入門」

J. ハート 著

小沼通二／蛭名邦禎 監訳

シュプリンガー・ジャパン

2010年9月, 299頁

2700円 (本体価格)

ISBN 978-4-431-10085-0

“数理科学入門”とは実に取っ付きにくそうなタイトルの本である。おそろおそろ中身をめくってみると、化学反応式(=物理系の方々に嫌われそう)や微分方程式(=化学系の方々に嫌われそう)があちらこちらに顔を出しているのが見える。さらに帯のコピーには「欧米で好評のテキスト、待望の邦訳」と記されている。これではいかにも堅苦しくて小難しい教科書との印象を与えてしまいそうだ。

ところが本書の原題は“乳牛は球形であると仮定せよ (Consider a Spherical Cow)”である。「乳牛?球形?何のこと?」と思われるのも無理はない奇妙なタイトルである。しかし、この原題がこの本の内容や著者の哲学を端的に表している。この奇妙なタイトルは著者が学生時代に聞いたあるジョークに由来している。元々机上の空論を振り回す理論屋を揶揄するためのものであったそのジョーク、本書のまえがきに記されているので簡単に内容を紹介しよう。

「ある酪農家が牛乳生産性の低い自分の農場に対して学術的なサポートを求め、地元の大学に依頼した。大学では理論物理学者をリーダーとする学際的なチームが結成され、2週間にわたる現地調査が行われた。その後最終的な報告書がチームリーダーによってまと

められた。酪農家はその報告書を開くと、その1行目には“まず乳牛を球形と仮定しよう (Consider a spherical cow, …)”と書かれていた。」

ジョークのオチはもちろん、そんな非現実的な仮定は複雑な現実世界では使い物にならないとか、その酪農家は非常識な仮定に当惑するか怒りだすだろう、というところにある。しかし、著者はこの“球形牛”的方法は「不要な詳細を捨て去ることによって本質的な要素だけを残す」素晴らしい思考法であると主張する。地球科学においてまず大切なのは定性的な議論を定量的な議論に変換することであり、本質を理解するためには近似解に到達できるかどうかが最重要なのである、というのが本書の哲学である。

実際、本書に登場する課題はすべて紙と鉛筆で近似解に辿り着くことができる。必要とされる数学も高校レベルから大学一般教養レベルで十分である。著者は「トラック数台分のパラメータを必要とするような複雑なモデルをコンピュータで解くよりも、単純で解析的に取り扱うことのできるモデルを頭の中でいじくり回すことの方が好ましい」と言う。ここのところの主張は、私のような“複雑なモデルシステム”の開発研究者から見ると少し偏った意見のような気がしなくもないが、地球科学の基礎を学ぶ上で大切な考え方であることは間違いない。たとえ複雑なモデルを使った研究を行うにしても、第一次近似を頭の中で導き出す訓練は非常に重要であるからだ。

では、本書の構成はどうなっているのか紹介しよう。300ページ弱(計算に必要なデータ集や用語解説なども含む)の中には44個の独立した課題が3段階のレベルに分けられて詳細な解法とともに並べられており、各課題には多くの演習問題も添えられている。3段階のレベルは“ウォーミングアップ”“封筒の裏”

“封筒の裏を超えて”と題されている。ウォーミングアップは「湖水面に広がった油膜の厚さは?」「地球上の植物の年間成長量全体のうち人類が食べた割合は?」といった中学生・高校生でも挑戦可能な内容である。

では、封筒の裏とは何のことだろう。著者は「封筒の裏をメモ用紙として使う筆算程度で近似解を得ることのできる課題」という意味でその言葉を使っている。例えば「陸域植生や海洋植生における炭素の滞留時間は?」「南北半球間での大気汚染物質の交換フローは?」「全球陸域からの水の蒸発散が一様に20%減少する事態になったら、降水や河川流量の全球平均にはどのような変化が起こるか?」といった課題はこのレベルに含まれる。これらの課題からは、単純なボックスモデルを構築しフローの収支を考えることの重要性を学ぶことができるだろう。他にも「宇宙から見た地球の平均気温は?」「雲や地表面のアルベドが既知の場合、地球全体のアルベドはどの程度か計算せよ」といった我々気象関係者になじみの深い課題もあれば、「降水の本来のpHは?」などの化学的な課題もある。

さらに“封筒の裏”が地球科学の初歩（大学初学年レベル）であるのに対し、“封筒の裏を超えて”は大学院生や研究者にとっても歯ごたえのある内容である。頭の体操を兼ねて、自分の専門外の教養を身につけるのにも最適なレベルである。「酸性雨によって土壌から溶け出すアルミニウムイオンの量は?」「海水中の炭素同位体濃度の分布から溶存無機炭素の平均滞留時間と大気海洋間の炭素交換速度を求めよ」「ある湖に無機リンが突然投入された場合、バイオマス中のリンはどのような摂動を受けるか?」といった課題はいわゆる地球化学に分類されるが、「実際の地球の平均表面気温は?」「大気中の二酸化炭素濃度が2倍になった場合、温室効果による昇温はどの程度か?」「地球の陸地面積の20%が森林から砂漠に変わった場合、地球の平均気温はどの程度変化するか?」「ヒ-

トアイランド現象による昇温はどの程度か?」といった課題は気象学の重要な問題であり、現在もなおその詳細な解を求め研究が続けられている。一方、「ある生物集団を糧としている場合、持続可能な最大収穫率とそれを決定するパラメータは?」「生物濃縮をモデル化せよ」「ハイウェー上に横たわる野ウサギの死骸数から轢き殺された野ウサギが属する群れの個体数密度を推定せよ」といった生物学に関連する課題も非常に興味深く読むことができる。

もちろん本書で得られる回答はすべて近似解でしかないが、環境問題を考える上で最も大切なエッセンスはその近似解に含まれていると考えてよいだろう。我々は何が知りたいのか/何がすでに判っているのかを整理し（=用いるべき変数を定義）、系の境界やフローを把握し（=モデルの構築）、そのモデルを創意工夫して解くということがすなわち環境問題を客観的に理解することなのである。

本書は実のところ原著の初版が出版されてから20年以上を経ており、課題の設定やデータ集の数字は1980年代のものである。しかし、本書を読む目的が思考法の習得あるいは知的好奇心の充足である限り、内容が古いとは全く感じさせない。したがって今この日本語訳が出版される意味は十分にあると思う。そして著者は現在も大学の講義で本書を引用し、その授業はインターネット上のサービスであるiTunes U (Apple社)を通じて誰でも無料で視聴できるそうだ。

この知的好奇心を満たしてくれる良書が、日本語タイトルの取っ付きにくさが原因で潜在的な読者を逃しているとしたら、これほどもったいないことはない。タイトルにある“数理科学”という語は高度な数学を駆使するという意味ではなく、本質を理解するために最低限の数式を使って定量化を行うという意味なのである。44個の課題はどれから読み始めてもよい。現役の学生だけでなく、社会人がパズル本として読んでみてもきっと面白いはずだ。

(気象研究所 関山 剛)