



Soil Physics with Python: Transport in the Soil-Plant-Atmosphere System

Marco Bittelli, Gaylon S. Campbell, Fausto Tomei [著]

Oxford University Press 2015/7/14

449 頁 ISBN-13: 978-0199683093 定価本体 \$ 98.50

コンピュータを用いた数値計算は、研究のツールとして不可欠なものになった。土壌物理の研究においても、数値計算を活用した研究成果は枚挙にいとまがない。特に、優れた汎用ソフトウェアの存在は、数値計算を身近なものとし、これまでに困難であった高度な解析を可能とした。一方で、コンピュータによる計算は、使用者の能力や理解を超えた結果を出力する可能性がある。理論や数値計算の方法について理解が伴わないまま安易に計算結果を使用することは、好ましくない。しかし、多くの場合、論文やソフトウェアのマニュアルの記述からプログラムコードを再現することは難しく、計算方法の詳細について学ぶことは容易ではない。数値計算に取り組みたいものの学習方法がわからない、コードを作成しようとしたが途中で挫折した、などの理由により数値計算に苦手意識を持つ方は多いのではないだろうか。

本書は、このような経験を持つ方に最適の書である。本書は、土壌-植物-大気連続体における輸送現象の数値計算について解説した書物であり、前著である Gaylon S. Campbell 著 *Soil Physics with BASIC* の待望の改訂版である。前著は、土壌物理の数値計算について初めて解説した書であり、理論や計算方法の解説のみならずプログラムコードまで記載されている極めて実用的で画期的な書であった。日本語にも翻訳されており、我が国においても大いに活用された。本書は、前著のオープンソースの理念はそのままに、前著出版以降の研究成果や新たな話題、近年のコンピュータ性能を活かした多次元の計算方法などが追加されるなど、前著を読んだ方にとっても新たな知見を得られるものとなっている。

使用されているプログラム言語は、書名からもわかるとおり、BASIC から Python へと変更された。Python は Web アプリケーションや IoT など幅広い分野で利用されているオープンソースのプログラミング言語であり、近年では AI の開発で注目を浴びている。その文法はシンプルで学びやすく、コードは可読性に優れている。他の

プログラム言語の使用経験がある方であれば、Python に関しての多少の予備知識を獲得することで、容易に読むことができるだろう。また、有用なオープンソースのライブラリやフレームワークが多数利用可能であることも Python の大きな特徴である。それらの内のいくつかは本書でも利用されている。本書を通じて読者は、土壌物理の数値計算法と Python の利用方法を同時に学ぶことができる。

本書は、土壌-植物-大気連続体の水・熱・物質輸送の理論とこれを解くための数値計算法について述べた 15 章と Python と数値計算の基礎を概説した補足の 2 章で構成されている。取り扱われている内容は、土壌の物理特性、ガス移動、熱移動、水分特性、定常水移動、土壌特性のバラツキ、非定常水移動、グリッドの作成、3 次元水移動、蒸発、水・熱同時移動、溶質移動、蒸散と根の吸水、大気境界条件となっている。土中の各種移動現象と物理特性の記述といった基礎的な内容から、地表水移動を含む 3 次元水移動、水・熱同時移動、大気境界条件の記述（蒸発散、根の吸水モデルとの結合）など応用的な内容まで、土壌-植物-大気連続体の輸送現象の理解に必要な多くの事項が説明されている。中でも、植生下の地表面の境界条件について述べた 14、15 章が本書の最大のウリである。地表面の熱収支、蒸散・根の吸水、土中の水移動を、そのメカニズムに基づいて一体化してモデル化する方法が示されている。最後の章まで到達すれば、土壌-植物-大気連続体の輸送現象について総合的な理解が深まる。

各章では、理論やモデル、および、これを解くための数値計算法に関する説明の後に、具体的なプログラムコードが解説と共に記載されている。コードは筆頭著者である Marco Bittelli 博士の HP (<http://marcobittelli.com>) からダウンロードできる。読者は、Python の実行環境を用意すれば、すみやかに計算コードを利用できる。このような形式は、近年多くの書籍で見られるが、本書のように専門性の高い内容を扱った書籍は稀であり、非常に価値が高い。

前著と比べ、ボリュームが大幅に増しており、理論やコードの説明、式の導入過程が非常に丁寧に記述されるようになった。初学者にとっては理解しやすい構成となっている。ただし、扱われている内容が多岐に渡りかつ情報量も多いため、短時間で通読できるようなものではない。時間をかけて繰り返し学ぶのが良いだろう。初学者は、パラメータやコードを変更したりしていろいろ試してみるのが良い。章末にある演習は、読者の学習に非常に役に立つ。コードは、短いシンプルなものから徐々に長く複雑なものへとなるように構成されている。焦らずにじっくりと順を追って学習すれば、様々な数値計算のテクニックと高度なプログラミング技術が習得できるだろう。他方、数値計算の経験者に対しては、関心のある箇所について重点的に読めば、必要な知識が得られるように工夫されている。テーマごとに細かく章分けされているため、関心のある箇所を探すことは容易である。コードは、機能や処理毎に細かくモジュール化されており、読者独自のコードを作成する際に使いやすいように記述されている。

本書で用いられている偏微分方程式の数値計算法は、有限差分法および有限体積法である。有限要素法は扱われていない。また、Richards 式の解法について複数の方法が示されているが、広く用いられている Celia らの方法 (Celia et al. (1990): *Water Resour. Res.*, 26(7):

1483–1496) は述べられていない。これらを学びたい方は、別の専門書や文献で学ぶ必要がある。しかし、本書で数値計算の技術を身につけた方であれば、本書とは異なる計算法であったとしても、それを習得することは困難ではないだろう。読者は、本書のコードを部分的に変更することで、各自が別途学んだ内容もすみやかに試すことができる。数値計算法やプログラミングについての理解が進めば、本書で示されたコードの大部分が再利用可能であり、変更すべき箇所はわずかであることに気づくだろう。

以上のように、本書は、土壌-植物-大気連続体の輸送現象の数値計算を学ぶための良書である。土壌物理の数値計算に関心がある初学者、数値計算の方法について詳しく知りたい汎用ソフトのユーザー、Python に関心がある数値計算の経験者、いずれにとってもおすすめできる。特に、これから数値計算を始める学部生や大学院生には強くおすすめしたい。本書をマスターするには根気と努力が必要であるが、それを上回る対価が得られることを保証する。本書で学んだ知識を生かしてオリジナルなコードの作成に挑戦し、各自の課題解決に繋げていただきたい。

西田和弘
(農研機構農村工学研究部門)