

## 【書評】

岩永 二郎, 石原 響太, 西村 直樹, 田中 一樹 著

# Pythonではじめる数理最適化 —ケーススタディでモデリングのスキルを身につけよう—

オーム社 312頁 2021年 定価3,080円(税込) ISBN: 978-4-274-22735-6

本書はタイトルにあるとおり最適化、特に制約付き最適化である数理計画法に関する書籍です。一読・一試行して一言で感想を言うならば「楽しかった!」につきます。

本書の特徴は何といっても現実社会で考えうる問題のうち数理最適化問題として定式化し、解くことが有効であるようなシチュエーションを取り上げ、Pythonモジュールを使って巧みに解く方法を丁寧に解説している点といえます。大学で学ぶときはどうしても理解のしやすさから、ほんの小さい問題(単体法の掃き出し演算を大きなデータでやろうとすればそれこそ吐き出す学生も出てくるでしょう)で最適解を得る過程を学んだりしますが、現実問題にどのように適用するのか?といった視点が欠けてしまいがちですし、どのような問題が数理最適化問題として定式化できるのかについても、なかなか思いつかないといったこともあるでしょう。

本書は4人の第一線で活躍されている実務家によって執筆されています。執筆者の方々は日々さまざまな経営問題におけるデータ活用をされており、その一つとして数理最適化問題による問題解決をされているものと思われます。そうした、実務に当たられている方々の、経験や体感から本書の例題が選ばれており、また、ほかの書籍には類を見ないような、現実的な(そして多くの制約条件を含んだ)問題が取り上げられています。

本書について順を追って紹介したいと思います。

第I部は2章から成り、数理モデルおよびPythonを用いた数理最適化ライブラリに関するチュートリアルです。実は最初に読んだときにはここは完全に読み飛ばしました。そのことがのちの疑問を生んでしまいました。実は丁寧に本書について紹介されており、こうした章も先にきちんと読んでおかないと…と後で反省しきりでした。

第II部は各種のケーススタディが各章でまとめら

れています。

第3章は、学校のクラス編成問題を取り上げており、学生に関するいくつかの制約を満たすようなクラス分け問題を扱っています。この章からは、現実的な問題を取り上げており、その中で考慮すべき制約条件を十分に加味しながらモデル化し解いています。そのため比較的モデルは複雑になりますが、数式の説明は一般性を失わないように記述されているため変数や添え字が多く、初学者には数式などは多少読みづらいところもあるかもしれません。その場合は、まずはプログラムのコードを確かめてみると理解が進むかと思います。さらに、解くだけではなく、得られた解の吟味、モデルの改良などが考慮されていることも、実問題を常日ごろ相手にされている著者ならではのと思いました。なお、モジュールは線形計画問題、整数計画問題のPythonソルバーである、PuLPをこの後一貫して用いています。整数計画においてはCOIN-ORの分枝限定法(CBC, PuLPのデフォルト設定)が用いられています。繰り返し使っているうちに勘所がわかるようになるのではないのでしょうか?

第4章は、クーポン配布問題を取り上げており、私も日ごろマーケティングに関する諸問題を扱っているため、問題の設定や制約条件の取り上げ方など大変参考になりました。最初5,000人への3種類のクーポンの配布を決める問題を解いており、15,000の0-1変数を決定変数としてもつ問題で、解くのにかなり時間を要しました。そのあとで、個別配信でなくセグメント配信の問題を解いており、実際問題での求解時のボトルネック解消についても言及されています。

第5章は、輸送問題を取り上げており、容量制約付きの輸送問題として定式化をしています。しかし、この問題をCBCで解こうとすると現実的な時間で解けないということが述べられています(実際計算してみましたが、全然終わりませんでした)。そこで、数式表現の工夫をすることで、計算時間を減らす工夫をし

ています。また、配送先（配送順序）の可視化をするなどの結果表示についてもなされています。

第6章ではシフトスケジューリングを対象としたウェブアプリケーションについて紹介されています。データ分析を日々行っている身としては、自分でプログラミングして解ければまあいいか、と思いがちなのですが、日常業務に組み込むためには、だれにでも実行可能な環境を提供することも求められます。そこで、Python用のWebアプリケーションフレームワークであるFlaskを用いた分析実行環境について紹介されています。実は私は実装に少し苦勞したのですが、エラーも簡単に修正でき、ひと昔前に比べると大変少ない労力でこうしたWebアプリケーションを作れることをむしろ実感することができました。なお、取り上げている問題は、複数の人をどの車に割り当てるかという、整数計画問題となります。

次が最後の章になるわけですが、「あれ？数理最適化というタイトルにしては（整数変数はあるものの）線形の問題ばかりだな」と思ったのですが、最後の第7章ではレコメンデーションが取り上げられており、この中でマーケティング分析によく使われるRFM分

析の指標を用いて反応確率推定のために二乗誤差を最小化する問題が定式化されておりました（第I部を読んでおけば見通しがついたので…）。最後に非線形問題が登場したわけで、非常に考えられた章立てに感銘を受けました。モジュールは凸計画問題を解くためのcvxoptが用いられています。また、本研究については、本誌にも関連論文が掲載されているので是非ご一読ください（Vol. 60, No. 2にあります）。

このように、本書ではさまざまな現実的な数理最適化問題が取り上げられており、またサンプルプログラムも公開されていることで、手軽に自分で手を動かしながら数理最適化を体験することができます。本当に楽しかったです！勉強した最適化手法が実際どうやって使われているのかを知りたい方々、まずはPythonで数理最適化問題を解いてみようと思う方々、実問題をどのように料理するのかを知りたい方々、など幅広い方々にとって実務で使われる数理最適化問題を疑似体験できる本書は大変有益と考えます。

生田目崇（中央大学）