

## 応用最適化シリーズ5 確率計画法

朝倉出版 180頁 2015年 定価3,200円+税 ISBN: 978-4-254-11790-5

現実の課題解決のために数理計画法を利用する際、特に将来起こりうる事象を考慮すべき問題においては、その目的関数や制約条件に不確実性を盛り込むことが自然であり、これを確率変数によって表現することが多い。よって、確率変数を伴う数理計画問題（確率計画問題）を解く手法、つまり確率計画法は、実社会の意思決定には不可欠の手法といえる。一方で、初学者には理解が難しい内容が多く、と同時に初学者や分野が異なる研究者が読みこなせる本が少ないのが現状であった。

そのような状況を打破するため、本書には初学者にも確率計画法のイロハが理解できるよう、またOR研究者が今後、確率計画法を幅広い問題に適用できるように、多くの数理モデル・最適化手法がちりばめられている。特に、著者が研究を推進してきた電力供給計画や発電機運用計画の実例を中心に、確率計画法との関連性の詳細が記されている。電力自由化が間近に迫る中、この例一つをとっただけでも、確率計画法の重要性を感じとることができるだろう。

1章では、電力供給計画を例にとり、数理計画問題で確率変数を導入する必要性や、数理計画問題の中での確率変数の取り扱い方により供給計画や供給コストに差異が生じることを示している。初学者の方は、ぜひこの1章を熟読いただき、確率計画法の概観を読みとっていただきたい。

2章では、制約条件の違反量に対する罰金を考慮したリコース問題と、制約条件がある確率レベルで満たされればよいとする確率的機会制約問題を中心に、確率計画問題の定式化が記されている。電力供給計画を例にとり、電力需要を満たすという制約条件を設定した場合、電気を生み出す貯蔵燃料が余った場合の貯蔵費用や、今ある貯蔵燃料をすべて使っても電力需要を満たせない場合の追加購入費用を考慮した問題がリコース問題である。一方、電力供給可能容量は電力需要以上という制約条件を設定した場合、電力需要の不確実性を考慮しながら、制約条件が満たされる確率が

$\alpha$ 以上になることを想定した問題が確率的機会制約問題である（ $\alpha$ には0.95や0.99が用いられることが多い）。両問題ともに、本書の中心となる問題であり、既存研究の系譜から、実際に数理計画問題として解くための問題の変形（等価確定変換）まで、一つひとつ丁寧に紹介されている。読者はこの章で、解きたい問題の要望に応じた、確率計画問題の定式化の流れをつかむことができるであろう。

3章では、特にリコース問題の基本性質と、いくつかの解法が紹介されている。問題が定式化されても、最適解が得られなければ宝の持ち腐れである。解法の中でも特にL-Shaped法に関しては、著者の研究論文でも主に利用されていることから、詳細な記述となっており、読み応えがある。また4章では、確率的制約条件に関する基本性質と、定式化に応じた解法が紹介されている。特に電力供給計画へ適用した実例も紹介されていることから、定式化から利用方法の流れを理解することができるであろう。

1章から4章までが確率計画法を学ぶうえでの基礎だとすると、5章以降が応用となる。5章では集線装置配置問題を例に挙げながら、決定変数が整数となる場合の確率計画問題を取り上げている。整数条件が入っているため、分枝カット法などの整数計画法を利用した解法を適用することになるが、問題の定式化や等価確定変換は、4章までと同様であるため、無理なく読み進めることができる。また6章では、現実の問題における多段階の意思決定を考慮した多段階確率計画問題に焦点を当て、定式化や将来のシナリオを利用した解法を述べた後、電源計画への応用事例が記載されている。多段階の意思決定は、特に将来の不確実性を考慮した確率計画問題にはうってつけのテーマであり、6章の理解が今後の幅広い現実の問題に直結することは間違いのないであろう。

7章では、確率計画法が重要な役割を果たす応用事例として、電力需要を考慮した発電機の起動停止スケジュールを決定する発電機起動停止問題を考察してい

る。シナリオツリーによる需要変動の表現から始まり、確率計画問題の定式化、Lagrange緩和法を用いた解法と数値実験結果という一連の流れが紹介され、4章と同じく確率計画問題をどのように使いこなせばよいかを理解できる。

8章では3章で紹介されたL-Shaped法などの解法が適用困難な場合に有効な、モンテカルロ法を用いた解法のアルゴリズムが紹介されている。中でも単純なランダムサンプリングではなく、効率的なサンプリングを目指した重点抽出法を用いた解法が示されており、確率計画法の適用範囲の広さを示す記述となっている。

最終の9章では、確率変数を含む重要な問題であるポートフォリオ選択問題に焦点を当てながら、ばらつきを考慮した確率計画問題を紹介している。特に、前章までの本書の流れを考慮して、リコースモデルの記載が詳細であることが、金融工学関連書籍で紹介されているポートフォリオ選択問題の記載とは一線を画す、

本書の特徴ではないだろうか。

本書を手にとっていただければわかると思うが、一見すると数式が豊富で、やや身構えてしまうかもしれない。しかし、これは、現実の問題を基本から忠実に確率計画問題として定式化し、さまざまな解法を利用できるように、問題を変換する過程を示すために必要な記載である。また身構えてしまう気持ちをなくすための導入章である1章や2章は、丁寧でわかりやすく、かつ緻密に書かれている。このような基本から応用まで、ここまで幅広い内容をコンパクトにまとめることが可能なのは、著者の確率計画法に対する研究の深さがあるものだと強く感じる。著者も願っているように確率計画法の研究発展のためにも、確率計画法を利用してみよと思う研究者の増加のためにも、ぜひじっくりと本書をご一読いただきたい。

(蓮池 隆)