

Introducing Monte Carlo Methods with R

鎌谷 研吾*

 Christian P. Robert
 and Gorge Casella 著
 Springer
 2009 年 12 月, 304 pp.
 価格 54,95 €
 ISBN 978-1441915757

C. P. Robert と G. Casella の “Monte Carlo Statistical Methods” の第二版は 2004 年の発行。発展の目覚ましい分野にありながら、現在でも定番の教科書の 1 つである。広範なモンテカルロ法の分野をベイズ統計の立場からまとめている。一方、ベイズ統計など基本的な統計学の知識の準備が必要であることと、理論的な背景を紹介する性質から、初学者へ自信を持って薦められる書物ではない。

モンテカルロ法は現代の統計学者には必須項目であり、学生にも早い段階で身につけてもらいたい。しかし統計学と同じく、モンテカルロ法は応用によって意義が明確になるのであり、統計理論も応用も準備途中である初学者には中々教えにくい。適した教科書も選びづらく、実装ばかりの書物では不安であるし、マルチンゲール収束定理は大仰だ。

近年、同著者によって “Introducing Monte Carlo Methods with R” が発行された。Springer の Use R! シリーズである本書では、理論よりも R の実践に重きが置かれる。特徴は散りばめられた適度なベイズ色である。R のコードは web からダウンロード可能で、読者は困難なく本書のシミュレーションを実行できる。モンテカルロ法の第一歩はコードの実装、実行であり、同時にベイズ統計での応用例を示すことで、モンテカルロ法の意義を明らかにしている。

本書の構成を簡単に述べる。第一章は簡単な R の導入であり、分量制限のため本書では最も汎用性の低い部分である。一般化線形モデルや ARIMA 等が説明なしに使われており、適宜適当な書物を参照する必要がある。第二章は乱数生成の方法、逆関数法や棄却法等を紹介している。前著でカバーしていた乱数生成の有効性の議論は少なく、一方で R を通じて体感することに重点が置かれている。第三、四章は重点サンプリングなど、モンテカルロ積分が扱われる。所謂、“定義、定理、証明” の要領で “アルゴリズム、コード、例” のオンパレードで、流れるように読み進めることもできるが、立ち止まって理解しながら進むように注意したい。四章ではラオブラックウェル化に多くの頁が割かれるなど C. P. Robert

 * 大阪大学大学院基礎工学研究科

らしさが随所に見られるが、反面、後半の Antithetic variables や Control variates など古典的なモンテカルロ法の部分は退屈に感じるかもしれない。第五章はモンテカルロ最適化で Simulated annealing や EM アルゴリズムなど、扱われる内容は幅広い。

第六章以降ではマルコフ連鎖モンテカルロ法を扱っている。本書のスタイルでは、ある程度の理論的理解が不可欠なマルコフ連鎖モンテカルロ法には難があり、この点は前著と共通の問題点である。本書ではとくに“収束理論は紹介しない”と明記している。理論的帰結に関する例（例えば Example 6.2）や、マルコフ連鎖モンテカルロ法の実用上の利点等は文中に記されているので注意深く読み進めたい。

いくつか本書の注意点を述べよう。本書の内容は主に統計学専攻の大学院生向きであるが、著者らはベイズ統計の多少の知識を前提としており、我が国のベイズ統計学の現状を鑑みると多少の補完が必要だろう。また、利点の裏返しとして、コードの実行が手軽なため、コードの実装やアルゴリズムの理解といった、もっとも重要な部分が蔑ろにされる危険がある。もう一つの問題は理論的内容の少なさである。例えばマルコフ連鎖の導入は僅か数行扱われるのみであり、規約性や Birkoff のエルゴード性といった基本的な事実も殆ど扱われていない点には留意すべきである。また、逐次モンテカルロ法や、C. P. Robert の貢献の少くない Approximate Bayesian Computation など近年発展している分野への記述は僅かである。本書は比較的タイポが多い事にも注意が必要である。

以上、短所を列記したが、補うほどの利点がある。ベイズ統計ではその性質上、積分計算の例が簡単に構成できる。そのため本書の例は豊富で有用であり、それらによってアルゴリズムの意義が明確になる。この点が本書の最大の利点といえる。例を挙げれば、コーシー-正規モデル (Example 4.2) では、コーシー分布の密度関数を正規分布で積分しているか、逆に正規分布の密度関数をコーシー分布で積分するかで重点サンプリング法の有効性が大きく異なるのだが、この意外性のある事実はモンテカルロ法の有効性を考える意義を読者に強く意識させるだろう。理論的内容も極力文献を明記し、ブラックボックス化を防いでいるところは単なるモンテカルロシミュレーションの入門書と一線を画すところである。

類書として、よりベイズ色の強い J. Albert の “Bayesian Computation with R” がある。本書を終えて、R を通じてベイズ統計を学ぶのに良い。より理論的な教科書としては C. P. Robert と G. Casella の “Monte Carlo Statistical Methods” を勧める。マルコフ連鎖モンテカルロ法の理論的な教科書は残念ながら存在しないが、マルコフ連鎖のエルゴード性一般は S. Meyn と R. L. Tweedie の “Markov Chains and Stochastic Stability” に定評がある。