



6. おわりに

6. Summary

宇佐見 俊介

USAMI Shunsuke

自然科学研究機構 核融合科学研究所

(原稿受付：2020年5月22日)

本講座では、コンピュータシミュレーションにおける乱数の実践的な入門書として、様々な乱数発生方法の原理から始めて、その高速化・並列化手法、乱数の品質・検定法、そして、乱数の変換・利用例まで紹介しました。以下では、これらの内容を振り返って、本講座のまとめとさせていただきます。

第2章では、コンピュータにおいて乱数を生成する原理を、決定論的な演算によって作られる疑似乱数とランダムな自然現象を利用する物理乱数の2つに分けて説明しました。2.1節では、疑似乱数の発生法として、線形合同法、Tausworthe (トーズワース)法、Mersenne-Twister (メルセンヌ・ツイスター)法 (MT法)を取り上げました。特に、MT法については、サンプルプログラムを例示して実際の使い方を解説しました。一方2.2節では、物理乱数発生器として、定電圧ダイオードの出力信号に含まれるゆらぎを利用したもの、レーザー光の偏光における量子ゆらぎを利用したもの (量子乱数)をピックアップし、それぞれの原理を紹介しました。また、それらの物理乱数が利用できるサービスについても紹介しました。

第3章では、並列プログラムで乱数を使用することを想定して、乱数発生的高速化チューニング方法を解説しました。MT法による乱数生成の並列化方法として Dynamic Creator, および Jump Method を挙げ、特に後者については、数値計算ライブラリ K_MATH_RANDOM をベースにして、その使い方を説明しました。また、乱数利用の効率化のため、「水瓶方式」というアイデアを示しました。使える物理乱数発生器が1個の場合においても乱数を並列プログラムで効率よく利用する方法として、「源泉かけ流し方式」というアイデアも説明しました。これら「水瓶方式」、および「源泉かけ流し方式」は、本講座の著者である佐竹真介氏が考案したオリジナル手法です。

第4章では、乱数らしさについて、周期性、ビット、多次元均等分布性 (あるいは結晶構造)といった観点から詳しく論ずるとともに、乱数が持つべき統計的性質を利用しての乱数の検定方法を解説しました。具体的には、上昇連、下降連、近接値の出現率、平均値、二乗平均値が挙げられ

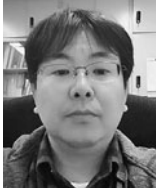
ました。その一方で、「これを通過したら、その乱数の品質は保証される」という万能検定は存在せず、多くの検定をクリアすることで、「良い乱数らしい」という確度を上げるしかない、ということが強調されました。また、乱数を並列化する場合、各並列プロセスに配分された乱数列同士の独立性が重要な品質ファクターとなることを論じました。その独立性を議論する文献がないことから、著者が独自に行った独立性に関するテストについて紹介しました。

第5章では、乱数の変換例と利用例を示しました。まず5.1節では、一様乱数から任意の確率密度分布に従う乱数を作る方法として、逆変換法 (直接法)と棄却法を紹介しました。逆変換法では、作りたい確率密度分布の累積分布関数を利用しました。棄却法では、2組の一様乱数を用意し、一方は、他方の乱数要素の採用・棄却を判定するために用いました。その後、例として Box-Muller 法を取り上げ、2次元空間で正規分布を生成する具体的な方法を解説しました。次に5.2節では、乱数をシミュレーションにおいて、どのように活用しているのかについて紹介しました。5.2.1節では、拡散方程式の解法と Dirichlet-Poisson 混合問題を例として、乱数を用いた基礎的なシミュレーション手法がどのようなものかを見ました。ここでは、乱数は、Coulomb 衝突や熱拡散といったランダムな物理過程を、確率過程論に基づいて具現化するために用いられていました。また、5.2.2節では、プラズマ・核融合分野のみならず、様々な科学技術分野で注目を集めている「遺伝的アルゴリズム」を取り上げました。その適用例として、非線形な輸送方程式を解く問題を大域的最適化問題へと転換し、遺伝的アルゴリズムを用いて解を求める方法を紹介しました。こちらでは、乱数は、偏微分方程式を解くためのアルゴリズムにおけるツールという役割を果たしていました。

この第6章は、本講座のすべての原稿が出揃った段階で書いていますので、いわば本講座の紹介一覧、あるいは目次のような役割を果たしているとも言えます。読者の皆様、本講座を振り返って読み返したい箇所、または自身の研究に必要な箇所にとどり着きやすいことを目標に、ま

めました。最後に、第1章で述べたことの繰り返しになりますが、乱数を用いようとする、あるいは、乱数自体に興味がある研究者、学生などにとって、本講座が入門として

の役割を果たし、知的好奇心を刺激するものとなっていることを願っております。



う さ み しゅん すけ
宇佐見俊介

自然科学研究機構 核融合科学研究所 ヘリカル研究部基礎物理シミュレーション研究系 准教授。

粒子シミュレーションを用いて、プラズマの様々な複雑な現象を調べていて、現在の主な研究テーマは磁気リコネクションです。SFが好きのためか、現実世界はコンピュータ上のシミュレーションでは？と密かに妄想しています。今回の講座をとりまとめている際に、世界がシミュレーションなら、量子ゆらぎに基づく乱数も実は疑似乱数で、何らかの規則性があったりしないか？とさらに妄想を膨らませています。