

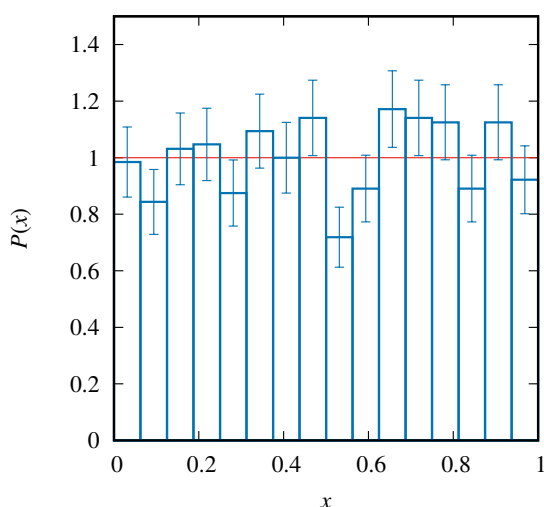
「計算機実験 II」 実習 1 (2023-10-13)

本日 20:00 までに ITC-LMS の「実習 1 (2023/10/13) 出席・アンケート」に回答してください

- 疑似乱数とヒストグラムに関する補足: histogram.pdf
- マルコフ連鎖における自己相関と統計誤差解析: autocorrelation.pdf

• 自習課題

1. random.c は、Mersenne-Twister 乱数発生器 (mersenne_twister.h) により、 $(0, 1)$ の範囲で一様分布する実数乱数を生成するプログラムである。時系列を図示してみよ。種 (seed) を変えて何度か乱数を生成し比較してみよ
2. histogram.c は、 $(0, 1)$ の一様乱数を生成し、そのヒストグラムを出力するプログラムである。コンパイル・実行し、下のようなグラフを作成してみよ*¹



3. X と Y を $(0, 1)$ で一様分布するそれぞれ独立な (実数) 確率変数とする。このとき X^2 , $-\log X$, XY のそれぞれの確率密度関数と期待値を (解析的に) 求めよ。また、実際に乱数を生成させてヒストグラムと期待値を計算し、解析的な結果と比較せよ
4. 棄却法により、確率密度関数

$$P(x) = \begin{cases} 4x & 0 < x < 1/2 \\ 4(1-x) & 1/2 < x < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

にしたがう一様乱数を生成せよ。ヒストグラムを作り、結果を確認せよ

5. square_lattice.c は、二次元正方格子において、ある格子点の 4 つの最近接格子点を与えるプログラムである。整数除算や剰余計算 (%) の使い方を確認せよ

• レポート課題*²

1. 板状の物質による中性子の吸収/透過/反射をモンテカルロ法により計算するプログラムを作成せよ。吸収率 p_c 、平均自由行程 λ^{-1} を適当な値に仮定した上で、板の厚さ D を増やしたときに、吸収率・透過率・反射率がどのように変化するか調べよ。エラーバー (統計誤差) に

*¹ コンパイルには cmatrix.h が必要である

*² レポート No.1 [2023/12/8 (金) 締切] では、今回のレポート課題から 1 問、実習 2 のレポート課題から 1 問、合計 2 問を選び解答

についても評価すること

2. 二次元正方格子上のランダムウォークのシミュレーションを行うプログラムを作成せよ。各時刻で粒子は上下左右のいずれかの方向にランダムに進むとする。粒子の分布が時刻とともにどのように広がっていくか二次元ヒストグラムをプロットしてみよ。また、初期位置からの距離の平均値を計算・プロットし、時刻とともにどのように増加するか議論せよ。エラーバー (統計誤差) についても評価すること。さらに、粒子が一度訪れた場所には二度と訪れることはできないという制限を課すと、移動距離の時間依存性はどのように変化するか調べよ
3. マルコフ連鎖モンテカルロ法により、二次元正方格子イジング模型のエネルギーと比熱、磁化の二乗の期待値を計算せよ。モンテカルロステップ数をいくつか変えて実行し、物理量の期待値の振る舞いの変化を確認せよ (モンテカルロステップ数は2倍・4倍・8倍・・・など対数スケールで変化させるとよい)。さらに、システムサイズを $L = 4, 6, 8, \dots$ と増やすと、これらの物理量の振る舞いがどのように変化するか調べよ。また、有限系のシミュレーション結果から、熱力学的極限における二次相転移の臨界温度と臨界指数を求める方法について調べよ
4. 二次元正方格子上の古典ハイゼンベルグ模型のマルコフ連鎖モンテカルロ法のプログラムを作成せよ。まず、三次元単位球面上に一様に分布するランダムベクトルの生成方法について考えよ。次にメトロポリス法のプログラムを作成し、エネルギー・比熱・磁化の二乗の期待値を計算、その温度依存性・サイズ依存性をプロットせよ。エラーバー (統計誤差) についても評価しプロットすること。(可能であれば、二次元正方格子上のイジング模型に対するモンテカルロ計算の結果との比較を行い、定性的な違いについて議論せよ)