Zoom URL

第3回の演習は、「完全オンライン形式（ZOOM）」で実施します。
下記のZOOM URLから演習に参加下さい。

＊＊＊
日時：5月6日（木） 3限 13:30～
場所：（対面） U1W-211、212　情報実習室（*ハイブリッド形式の場合）
　　　（オンライン）ZOOM、リアルタイム

オンラインで参加する学生は下記のURLにから参加下さい。

https://us02web.zoom.us/j/83011566325?pwd=V2dVVysxUVVHSWlLdUw4aHgwNVNLQT09

ミーティングID: 830 1156 6325
パスコード: csp
＊＊＊

コンピュータサイエンスとプログラミング 第3回演習

2021年5月6日（木）

第3回演習課題の内容

C言語によるプログラミング入門③

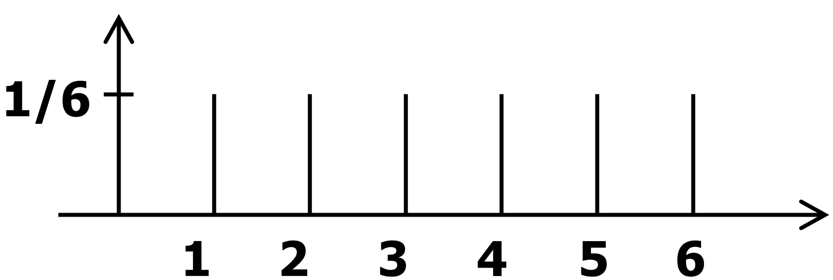
- 乱数
  - 乱数の種類
  - 確率変数と確率密度関数
  - 擬似乱数
  - 線形合同法
- モンテカルロシミュレーション
- 演習課題の実施に際して
  - データ型の種類 と 型の変換方法
  - 配列（一次元配列）
  - 数学ライブラリ関数の利用

乱数とその種類

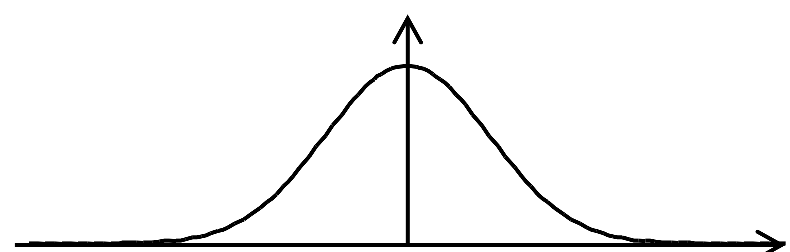
- 乱数：サイコロを振って出る目など規則性の無い数(数列)
- 乱数の取り得る値(離散値，連続値，整数，小数など)
  - コイン投げ　「表」「裏」の2種類
  - サイコロ　「1」～「6」の6種類
  - 的当て　「10点」「20点」…の？種類
  - 的当て　「中心からの距離」…∞種類

- デタラメ具合(一様分布，ガウス分布，ポアソン分布など)
  - 確率密度関数

◇サイコロの目の場合



◇的当てゲームで中心からの距離



擬似乱数と線形合同法

- 擬似乱数
  - 確定的な生成アルゴリズムでの乱数の生成
  - 生成法の例：平均採中法，線形合同法，M系列，Mersenne twister，…
  - rand()ではダメ？，良い乱数とは？

- 線形合同法

初期値 x_0 に対して、

$$x_{n+1} = (A \times x_n + B) \mod M$$

A, B, M は定数

◇ **例**：$A = 48109$、$B = 2531011$、$M = 32768$、$x_0 = 1$

乱数列：23216, 9139, 27770, 10677,…

配列

- 配列
  - 同じ型を持つ変数のリスト(並び，集合)
  - 添え字によりインデックス化
  - 関連データの集まりに対する操作などにおいて，配列を用いることでプログラムリストの簡略化が可能
  - 本日の演習では，事象の発生回数のカウントで利用

学籍番号	英語	数学	国語	物理	化学	平均点
1	38	84	91	88	85	77.2
2	88	73	64	97	79	80.2
3	94	98	53	68	52	73.0
4	94	68	61	41	94	71.6
5	46	40	61	48	87	56.4
6	89	99	34	70	54	69.2
7	92	96	50	97	42	75.4
8	54	91	76	34	47	60.4
9	39	64	92	77	79	70.2
10	72	78	62	60	47	63.8
平均点	70.6	79.1	64.4	68.0	66.6	69.7

3番目の学生の4番目の科目の得点を tokuten[2][3]

配列（一次元配列）

◆例3-1：一次元配列の例

配列の名前　　必要な配列の数

```
int  i[6];
int  j;
```

配列の宣言
（この場合は，
整数型，1次元，6個）

```
for  (j=0;  j<6;  j++)
i[j]  = j;
```

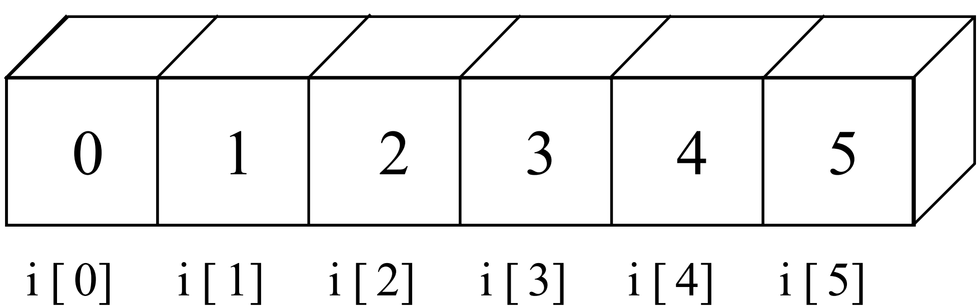
添え字（インデックス，0, 1, …, 5）

《注意事項》

① 添え字は０～(配列の大きさ－１）。添え字が１の場合は２番目の要素を指す。

② 値を代入する場合には，代入文の左辺に配列要素を記入。

```
i[0]  = 0;
i[1]  = 1;
i[2]  = 2;
.................
int  i[6]  = {0, 1, 2, 3, 4, 5};
```



課題3−1の説明

【課題 3-1】線形合同法を用いた乱数の生成

線形合同法に従って、x_n の値を入力(引数)として、次の乱数 x_{n+1} を返す関数 int rn(int x) を作成せよ。

```
1       1     1.0000     5.0000
23216   6     0.1930    -3.0700
9139    9     0.1300    -3.7000
27770   6     0.7430     2.4300
10677   7     0.6670     1.6700
29268   8     0.2390    -2.6100
21127   7     0.1060    -3.9400
8894    6     0.8860     3.8600
4777    3     0.7730     2.7300
```

```
#include<stdio.h>
int rn(int x);
int main(){
        int i;  int x = 1;  double y;
        y = (double) x;
        for(i=1;i<10;i++){
                printf("%d¥t%d¥t%2.4f¥t¥t%2.4f¥n",x,x%11, y, y*10.0-5);
                x = rn(x);
                y = ((double)(x%1001))*0.001;
        }
        return 0;
}
int rn(int x){
        int A = 48109;     int B = 2531011;    int M = 32768;
        return (A*x+B)%M;
}
```

Int型から double型 に変換

[0,10]の一様整数乱数

[0,1]の一様実数乱数

乱数更新

[-5,5]の一様実数乱数

[0,1]の実数 乱数に変換

整数乱数の最大値がMであることに注意して，値を設定

rn 関数

c言語の整数演算で%は余りを計算

課題3-2の説明(1)

【課題 3-2】乱数の発生頻度の確認

課題 3-1 で作成した関数 rn()を用いて、1～10 の整数の一様乱数を発生させ、各乱数が発生した割合を表示するプログラムを作成せよ。ただし、以下の事項を満足すること。

① 乱数の発生回数(1000 万回以下)をキーボードから入力する。
② 各乱数(1～10 の整数)に対応した配列を用意し、配列を用いて各乱数の発生回数を数える。
③ 各乱数の発生割合(パーセント表示)を小数点下 2 桁で表示する(出力例は下図を参照)。
④ 各乱数の発生割合(パーセント表示)を小数点で揃うように表示する(出力例は下図を参照)。

◇ プログラム実行時の確認事項：

- 乱数の発生回数と共に各乱数の発生頻度が一様になることを確認せよ。

課題3-2の説明(2)

```
$ ./kadai3-2.exe
乱数を発生する回数を入力して下さい(1000万回以下) > 1
    1が出た割合:   0.00%です。
    2が出た割合:   0.00%です。
    3が出た割合:   0.00%です。
    4が出た割合:   0.00%です。
    5が出た割合:   0.00%です。
    6が出た割合:   0.00%です。
    7が出た割合:   0.00%です。
    8が出た割合: 100.00%です。
    9が出た割合:   0.00%です。
   10が出た割合:   0.00%です。
```

```
$ ./kadai3-2.exe
乱数を発生する回数を入力して下さい(1000万回以下) > 1000
    1が出た割合:   9.60%です。
    2が出た割合:  10.40%です。
    3が出た割合:   9.40%です。
    4が出た割合:  10.20%です。
    5が出た割合:  10.30%です。
    6が出た割合:  10.60%です。
    7が出た割合:  10.60%です。
    8が出た割合:   9.90%です。
    9が出た割合:  10.70%です。
   10が出た割合:   8.30%です。
```

① 関数rn()の乱数の取り得る値は？ ⇒ 1～10の整数の一様乱数に変更

② 乱数の発生回数をカウント ⇒ 配列を利用

③ 個数は整数，割合(パーセンテージ)は小数 ⇒ 型に注意

④ 小数点下2桁表示？，小数点で揃える？ ⇒ printfの書式設定

課題3-3の説明

【課題 3-3】乱数の発生頻度分布の表示

課題3-2 で作成した乱数(1～10 の整数の一様乱数)の頻度分布を図示するプログラムを作成せよ．ただし，出力として以下の条件①～③を満足し，下図の出力例と同等な出力が表示されるようにすること．

① 各乱数の発生頻度を表す ＊ の数の最大値を 20 とする．

② ＊ を出力した後に，各乱数(1～10)の発生個数を表示する．

③ 最終行に乱数の発生個数を表示する．

```
$ ./kadai3-3.exe
乱数を発生する回数を入力して下さい(1000万回以下) > 1000
   1: ******************        96
   2: ********************     104
   3: ******************        94
   4: ********************     102
   5: ********************     103
   6: ********************     106
   7: ********************     106
   8: *******************       99
   9: *********************    107
  10: ***************           83
==================================
TOTAL:                        1000
```

① 最も多かった乱数を*20個で表示

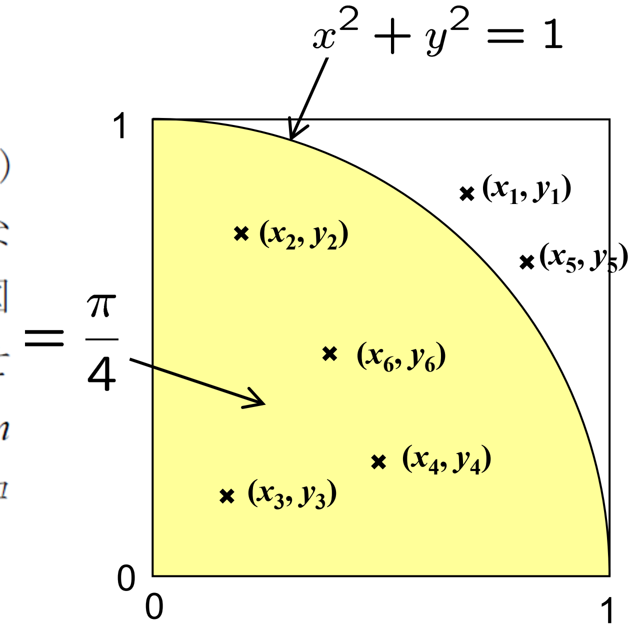
⇒ 最多回数で正規化

② *を〇〇回，“ ”を△△回表示して，その後に発生回数を表示

課題3−4の説明

【課題 3-4】乱数を用いた円周率の計算

関数 rn()を用いて, 2 つの一様乱数 x, y (ともに 0 以上 1 未満の実数)を発生させ, 2 次元平面上で(x, y)を座標とする点を考える. このような点を多数発生させ, この点が原点を中心とする半径 1 の 1/4 円内(右図網掛の領域)に入っているかどうかを判定することを繰り返す. 発生させた m 個の点のうち 1/4 円内に入っている点の個数を n 個とすると, $m : n$ は 1 : π / 4 に近似する. 以上の考え方を利用して, 円周率を求めるプログラムを作成せよ.



◇ プログラム実行時の確認事項：

- 乱数の発生個数を適当に変化させ、実行結果が 3.1415926…にどのように近づくか確認せよ。
- 乱数の発生個数を増やしても 3.1415926…に近づかない。その理由を考察せよ。

① 関数rn()の乱数の取り得る値は？　⇒ 区間0〜1の一様乱数に変更

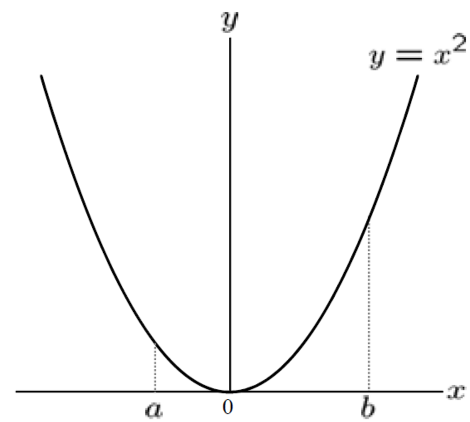
課題3−5の説明（1）

【課題 3-5】乱数を用いた積分の計算（その１）

以下の 2 つの方法に従って，2 次関数 $y = x^2$の区間(a, b)での積分

$$\int_a^b x^2 dx \qquad (2)$$

の値を求めるプログラムを作成せよ．



方法1　式(2)の積分を解くと，以下の式(3)のように求められる．この式(3)の右辺を計算して，式(2)の積分値を求める．

$$\int_a^b x^2 dx = \frac{1}{3}\left(b^3 - a^3\right) \qquad (3)$$

方法2　課題 3-4 と同様に，区間(a, b)での一様乱数を繰り返し発生し，領域内に入る割合から面積から，式(2)の積分値を求める．

課題3-5の説明(2)

ただし，以下を満足すること.

① 1 つのプログラム内で，上記の 2 つの方法に従って求めた積分値が表示されるようにする.

② 積分区間(a, b)の値をキーボードから入力する.

③ 方法 2 での乱数発生回数をキーボードから入力する.

④ 2 つの方法に従って求めた積分値の差異(2 つの積分値の差の絶対値)も表示されるようにする.

◇ プログラム実行時の確認事項：

- 乱数の発生回数と，各々の方法で求めた積分値の違いの関係を確認せよ.

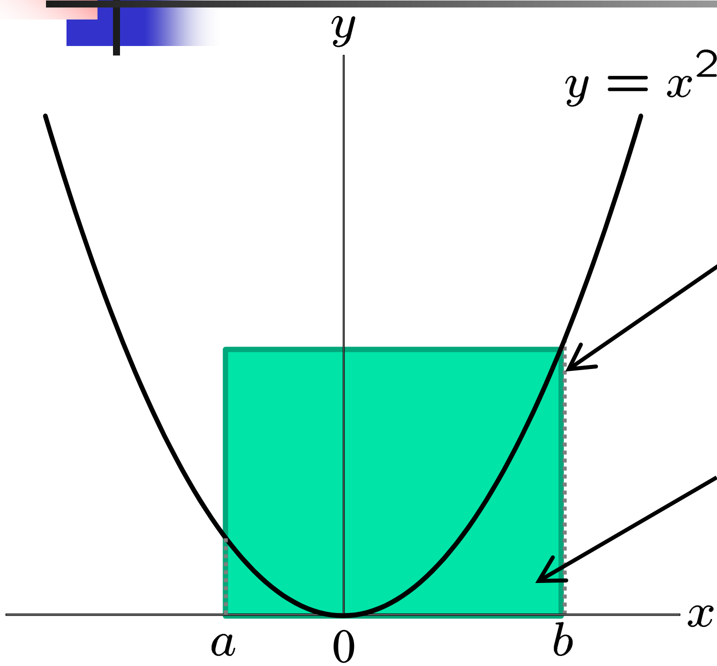
```
$ ./kadai3-5.exe
積分区間の下限値aを入力して下さい > 0
積分区間の上限値bを入力して下さい > 3
乱数を発生する回数を入力して下さい(1000万回以下) > 100

--- 計算結果 ---
積分値(理論値) = 9.000000
積分値(シミュレーション値) = 9.180000
積分値の誤差 = 0.180000
```

```
$ ./kadai3-5.exe
積分区間の下限値aを入力して下さい > 0
積分区間の上限値bを入力して下さい > 3
乱数を発生する回数を入力して下さい(1000万回以下) > 10000

--- 計算結果 ---
積分値(理論値) = 9.000000
積分値(シミュレーション値) = 9.104400
積分値の誤差 = 0.104400
```

課題3-5の説明(3)



① この矩形の領域での一様乱数(x,y)を生成する．ただし，yの範囲に注意すること．

② この領域に入る個数(即ち，$y<x^2$となった乱数の数)をカウントする．

③ (1)この領域に入る割合，(2) $\int_a^b x^2 dx$ の値，(3)矩形の領域の面積の関係は？

（補足）数値演算関係の関数について

・ fabs()　sqrt()　exp()　log10()　log()　sin()　cos()　tan() などなど

・ANSI Cの標準ライブラリ関数

・数学関係では math.h、プログラムヘッダにmath.hをインクルード

擬似乱数と線形合同法(ヒント)

- 線形合同法

初期値 x_0 に対して、

$$x_{n+1} = (A \times x_n + B) \mod M$$

A, B, M は定数

◇ **例**：$A = 48109$、$B = 2531011$、$M = 32768$、$x_0 = 1$

乱数列: 23216, 9139, 27770, 10677,⋯

・生成される乱数の最大値は M
・最大繰り返し周期 M
⇒M回より多く繰り返しても精度は変わらない。
適宜MやA, Bの値を変更しても良い。

第3回演習課題のレポート提出

- 課題3-3，課題3-5を実施し，レポート課題として提出すること.
- 提出期限: 2021年5月13日（木） 9:00
- CLEで提出する際のファイル名(半角英数)は下記の通りとする.
  - 課題3-3の場合，XXXX-kadai3-3.c
  - 課題3-5の場合，XXXX-kadai3-5.c
  - XXXXの部分は学籍番号下4桁である.