

参考資料【モンテカルロ・シミュレーションによる円周率の近似計算】

※ x,y 座標がそれぞれ 0~1 のランダムな点を作成し、扇形の中に入っているかどうかを判定する

※  $\sqrt{x_1^2 + y_1^2} \leq 1$  ならその点は扇形の中にある  $\Leftrightarrow$  x,y は正であるから  $x_1^2 + y_1^2 \leq 1$

※ IF 関数を用い、扇形内なら 1、それ以外は 0 を表示するようにする

B2 セル： =RAND()

C2 セル： =RAND()

D2 セル： =IF(B2\*B2 + C2\*C2 < 1, 1, 0)

A2~D2 セルを選択し、下へコピー（101 行目まで）

	A	B	C	D
1	個数	x	y	円内なら1
2	1	=RAND()	=RAND()	=IF(B2*B2+C2*C2<1,1,0)
3				

※ 扇形内の点の数を集計し、 $\pi$  の近似値を求める： $\pi = 4 \times (\text{円内の点の数} / \text{点の総数})$

F2 セル： 100

G2 セル： =SUM(D2:D101)

H2 セル： =4\*(G2/F2)

E	F	G	H	I
	点の総数	円内の点の数	$\pi$ の近似値	
	100	=SUM(D2:D101)	=4*(G2/F2)	

※ グラフの作成

x, y のデータ部分を選択し、「散布図」を描く

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	個数	x	y	円内なら1		点の総数	円内の点の数	$\pi$ の近似値	
2	1	0.483924	0.871293	1		100	88	3.52	
3	2	0.9147	0.368867	1					
4	3	0.369643	0.202701	1					
5	4	0.054023	0.014994	1					
6	5	0.166618	0.602145	1					
7	6	0.910601	0.649779	0					
8	7	0.029038	0.067303	1					
9	8	0.846568	0.013207	1					
10	9	0.912589	0.128038	1					
11	10	0.547319	0.412541	1					
12	11	0.827827	0.142571	1					
13	12	0.531887	0.41343	1					
14	13	0.626433	0.672073	1					
15	14	0.171071	0.82106	1					
16	15	0.326746	0.316579	1					
17	16	0.013377	0.717022	1					
18	17	0.511487	0.619046	1					
19	18	0.232756	0.084686	1					
20	19	0.185759	0.582512	1					
21	20	0.162842	0.227018	1					
22	21	0.011426	0.148571	1					
23	22	0.474435	0.228827	1					
24	23	0.718281	0.063281	1					
25	24	0.900034	0.950431	0					
26	25	0.469041	0.407085	1					
27	26	0.176122	0.695688	1					

※ 扇形のグラフ作成 中央部分はグラフのために空けておき、J, K 列を使用する

※ 円の方程式より  $y = \sqrt{1-x^2}$

J2セル~J102セル : 0 から 0.01 刻みで 1 まで

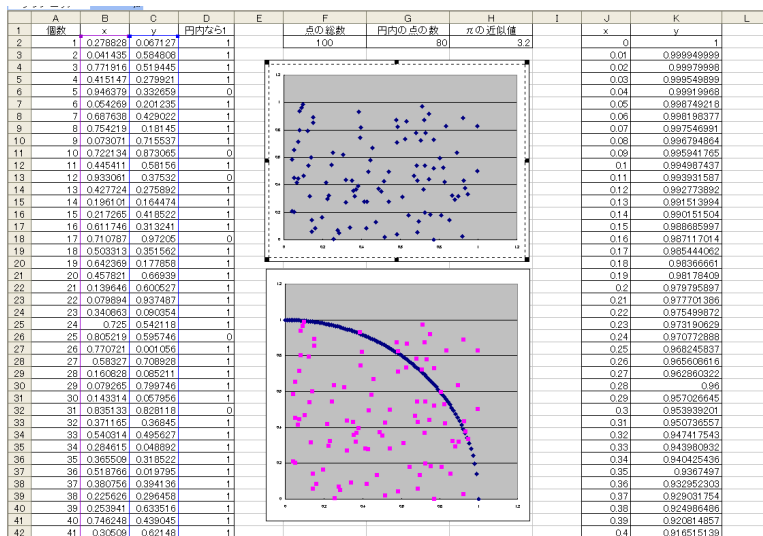
K2セル : =SQRT(1-J2\*J2)

I	J	K
	x	y
		=SQRT(1-J2*J2)
	0.01	
	0.02	
	0.03	
	0.04	
	0.05	
	0.06	
	0.07	
	0.08	

できたら先ほどと同様に x, y のデータを選択し、散布図を用いてグラフにする (いずれも「点」でグラフ化しておく)

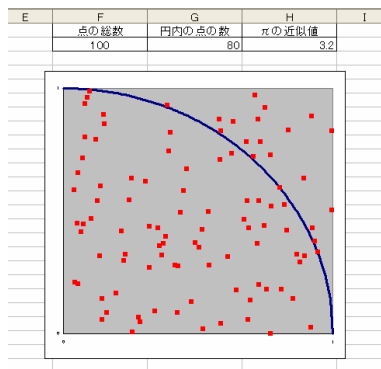
※ グラフの合成

いずれか1つのグラフ (オブジェクト全体) をコピーし、もう一方に貼り付ける



合成できたら、円のグラフ部分をダブルクリックし、点を線に変更する

(マーカーを「なし」、線を「指定」する) ※完成したら F9 キーで何度も計算できる



※繰り返し計算をおこない、近似値の平均を出す

	E	F	G	H	I
1		円内の点の数	点の総数	$\pi$ の近似値	
2		78	100	3.12	
3		繰り返し回数	近似値合計	$\pi$ の平均値	
4		=F4+1	=G4+H2	=G4/F4	
5					

繰り返し回数：自セル+1

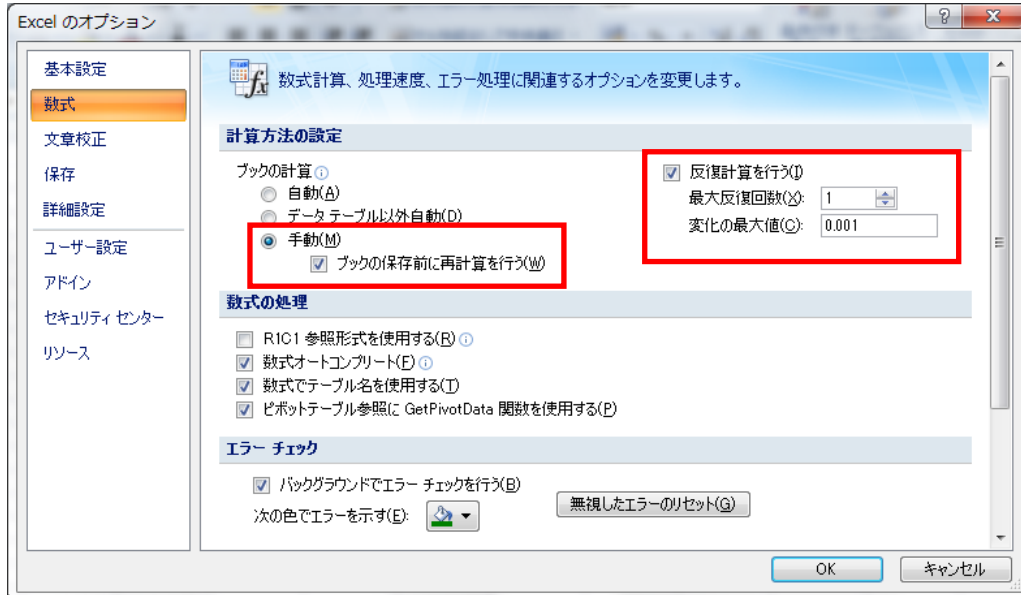
$\pi$ の近似値合計：自セル+ $\pi$ の近似値

$\pi$ の平均値： $\pi$ の近似値合計÷繰り返し回数

### ※ 反復計算の許可

自セルに数値を加算するような場合、「循環参照エラー」が表示される  
以下の手順でエラーを解決し、計算が可能になる

「ファイル」メニューから「オプション」を選び、「計算方法」タブで「手動」、「反復計算」にチェックし、「最大反復回数」を「1」にする



完成したら F9 キーで繰り返し計算ができる。

参考資料 【つり銭問題のシミュレーション】

【モデル概要】

- ※サークルのメンバー15人から会費 3,000 円を集めるモデル
- ※支払い方法は 1,000 円札を 3 枚か、10,000 円札を 1 枚かのいずれか
- ※10,000 円札で支払われた場合、1,000 円札 7 枚をおつりとして返す
- ※どちらの支払い方法になるかは 50% ずつ

B3 セル： =RAND()

C3 セル： =IF(B3<0.5,3,-7)

D3 セル： =D2 + D3

B3～D3 セルを選択し、下へコピー（17 行目まで）

D18 セル： =MIN(D3:D17)

D19 セル： =IF(D18<0,ABS(D18),0)

	A	B	C	D
1	人数	乱数	増減	枚数
2	0			0
3	1	=RAND()	=IF(B3<0.5,3,-7)	=D2+C3
4	2			
5	3			
6	4			
7	5			
8	6			
9	7			
10	8			
11	9			
12	10			
13	11			
14	12			
15	13			
16	14			
17	15			
18			最小値	=MIN(D3:D17)
19			必要枚数	=IF(D18<0,ABS(D18),0)
20				

※ 集計部分

F2 セル： =F2 + 1

※ 循環参照エラーが出るが、「キャンセル」または「OK」を押して無視

J2 セル： =IF(AND(D\$19>=H2,D\$19<=I2),J2+1,J2)

K2 セル： =J2/F\$2

J2～K2セルを選択し、下へコピー（12行目まで）

E	F	G	H	I	J	K	L
	繰り返し回数	枚数	下限	上限	頻度	割合	
	=F2+1	0～9	0	9	=IF(AND(D\$19>=H2,D\$19<=I2),J2+1,J2)	=J2/F\$2	
		10～19	10	19			
		20～29	20	29			
		30～39	30	39			
		40～49	40	49			
		50～59	50	59			
		60～69	60	69			
		70～79	70	79			
		80～89	80	89			
		90～99	90	99			
		100～105	100	105			

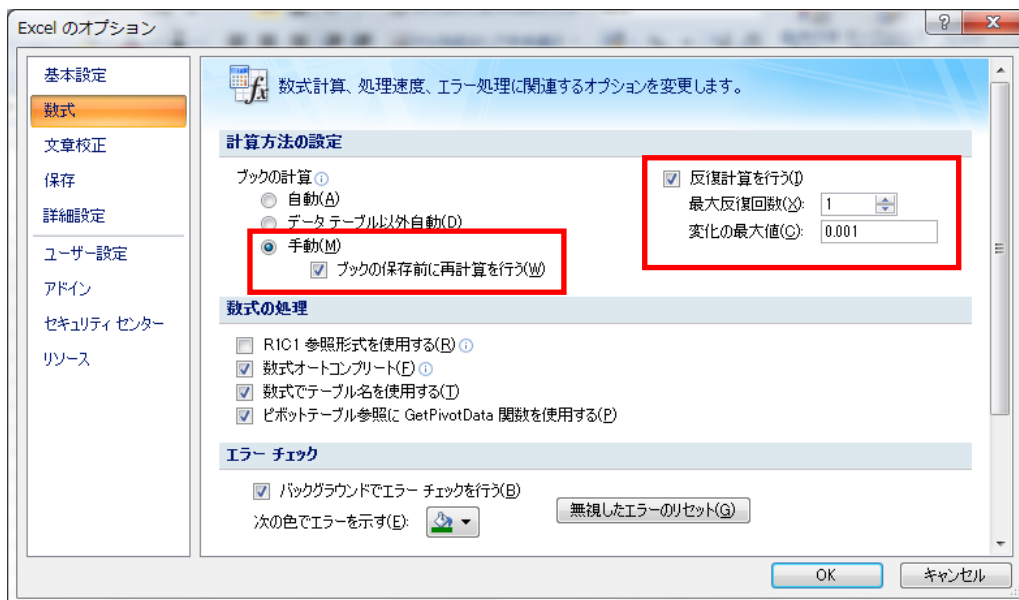
K2～K12の書式を「書式」→「セル」から「パーセンテージ」にし、小数点以下の桁数を1にする。

G列とK列を選び、縦棒グラフを作成する。

#### ※ 反復計算の許可

自セルに数値を加算するような場合、「循環参照エラー」が表示されるので、以下の手順でエラーを解決し、計算が可能になる

「ファイル」メニューから「オプション」を選び、「計算方法」タブで「手動」、「反復計算」にチェックし、「最大反復回数」を「1」にする



完成したら F9 キーで繰り返し計算ができる。

参考資料 【待ち行列のシミュレーション】

【乱数の生成】

以下のような表を作成し、RANDO 関数を使って乱数を生成する  
ただし1人目は乱数なし、到着間隔 0 とする。

	A	B	C	D	E	F
1	人数	乱数1	到着間隔	乱数2	サービス時間	
2	1		0	=RANDO		
3	2	=RANDO				
4	3					
5	4					
6	5					
7						

【到着間隔の決定】

乱数の値をもとに、例えば以下のような割合で到着間隔を決定する。

- 乱数の値 0~0.1 : 到着間隔 1 分、0.1~0.3 : 到着間隔 2 分、0.3~0.7 : 到着間隔 3 分、0.7~0.9 : 到着間隔 4 分、0.9~1 : 到着間隔 5 分

C 3セルの中身 : =IF(B3<0.1,1,IF(B3<0.3,2,IF(B3<0.7,3,IF(B3<0.9,4,5))))

	A	B	C	D	E	F
1	人数	乱数1	到着間隔	乱数2	サービス時間	
2	1		0	0.350743978		
3	2	0.285994795	=IF(B3<0.1,1,IF(B3<0.3,2,IF(B3<0.7,3,IF(B3<0.9,4,5))))			
4	3					
5	4					
6	5					
7						

同様にサービス時間を決定する。

- 乱数の値が 0~0.1 : サービス時間 1 分、0.1~0.2 : サービス時間 2 分、0.2~0.5 : サービス時間 3 分、0.5~0.9 : サービス時間 4 分、0.9~1 : サービス時間 5 分

E 2セルの中身 : =IF(D2<0.1,1,IF(D2<0.2,2,IF(D2<0.5,3,IF(D2<0.9,4,5))))

	A	B	C	D	E	F
1	人数	乱数1	到着間隔	乱数2	サービス時間	
2	1		0	0.296353051	=IF(D2<0.1,1,IF(D2<0.2,2,IF(D2<0.5,3,IF(D2<0.9,4,5))))	
3	2	0.680293583	3			
4	3					
5	4					
6	5					
7						

入力できたらそれぞれ下へ人数分コピーし、表を完成させておく。

【グラフに必要なデータの作成】

G~I列に新たな表を作成し、1人目の到着時刻とサービス開始時刻を0、サービス終了時刻を =E2 としておく。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	人数	乱数1	到着間隔	乱数2	サービス時間		到着時刻	サービス開始時刻	サービス終了時刻	
2	1		0	0.179828658	2		0	0	=E2	
3	2	0.054342002	1	0.827985498	4					
4	3	0.22791479	2	0.952470197	5					
5	4	0.175129043	2	0.669916866	4					
6	5	0.045986137	1	0.884535638	4					
7										

【到着時刻の計算】

到着時刻=前の人々の到着時刻+到着間隔

G3セルの中身：=G2+C3

F	G	H	I	J
	到着時刻	サービス開始時刻	サービス終了時刻	
	0	0	1	
	=G2+C3	=MAX(I2,G3)	=H3+E3	

【サービス開始時刻の計算】

サービス開始時刻=MAX（前の人々のサービス終了時刻、到着時刻）

H3セルの中身：=MAX(I2, G3)

入力できたら  
下へコピー

【サービス終了時刻の計算】

サービス終了時刻=サービス開始時刻+サービス時間

I3セルの中身：=H3+E3

【グラフの準備】

- L~AM列に以下のような枠を作成する（セルの横幅は適当に調整）
- 上段は待ち行列の状態、下段は待ち行列の人数用のグラフとして使う

K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
	1																											
	2																											
	3																											
	4																											
	5																											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	5																											
	4																											
	3																											
	2																											
	1																											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	

### 【状態の表現】

ある人の状態は「到着前」、「待ち」、「サービス中」、「サービス済み」の4種類

ExcelのIF関数を使って以下のように分類する

- 現在時刻<到着時刻 なら "" (ダブルコーテーション×2のみ、中身なし)
- それ以外で 現在時刻<サービス開始時刻 なら "待"
- それ以外で 現在時刻<サービス終了時刻 なら "サ"
- それ以外なら ""

M2セルの中身: =IF(M\$7<\$G2,"",IF(M\$7<\$H2,"待",IF(M\$7<\$I2,"サ","")))

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
	到着時刻	サービス開始時刻	サービス終了時刻																			
	0	0	2				1															
	3	3	4				2															
	6	6	9				3															
	9	9	13				4															
	12	13	14				5															
							0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

入力できたら右 (AL列まで)・下 (6行まで) へM2セルをコピーする

### 【待ち人数グラフの作成】

待ち人数は、「縦列での "待" の数」⇒ExcelのCOUNTIF関数を使って"待"の数を集計する

- L列 (1~5) の数値がそれ以下ならセルにL列の数字を、それ以外なら "" を記入

M9セルの中身: =IF(\$L9<=COUNTIF(M\$2:M\$6,"待"),\$L9,"")

K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	
		1	サ	サ	サ	サ																
		2					サ	サ	サ	サ												
		3								サ	サ											
		4										サ	サ	サ	サ							
		5												待	サ	サ						
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		5																				
		4																				
		3																				
		2																				
		1																				
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

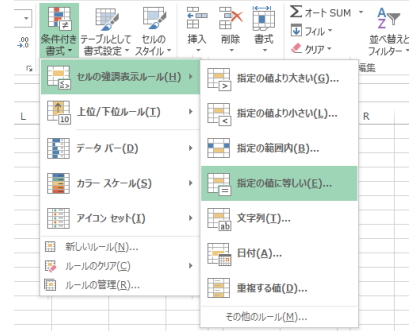
入力できたら右 (AL列まで)・下 (13行まで) へM9セルをコピーする

### 【セルに色をつける】

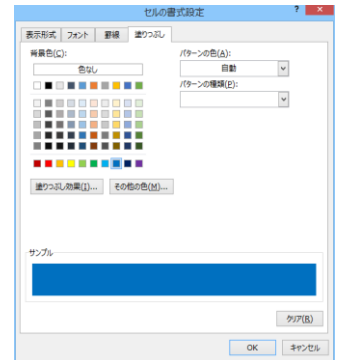
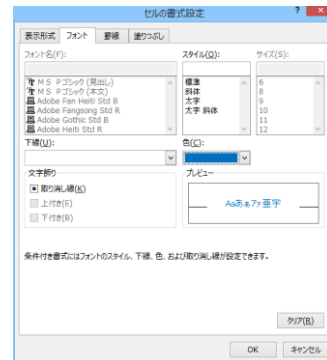
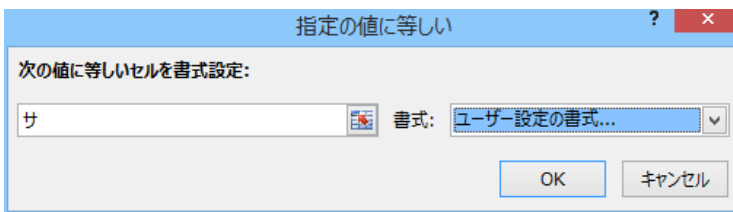
待ち行列のグラフ部分を選択し、「ホーム」の「条件付き書式」から「セルの強調表示ルール」→「指定の値に等しい」を選択



L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
1	サ																										
2				サ	サ	サ	サ																				
3						待	待	サ																			
4									サ																		
5												サ	サ														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	



- 「次の値に等しいセルを書式設定」のところに「サ」と入力し、「書式」から「ユーザー設定の書式」を選ぶ
- 「フォント」タブからフォントの色を青にし、「塗りつぶし」タブから青を選ぶ



- 同様に、「次の値に等しいセルを書式設定」を「待」とし、「書式」から「ユーザー設定の書式」を選ぶ
- 「フォント」タブからフォントの色を赤にし、「塗りつぶし」タブから赤を選ぶ

### 【待ち行列グラフの作成】

- 待ち人数のグラフ部分を選択し、「条件付き書式」→「セルの強調表示ルール」→「指定の範囲内」とする
- 指定の範囲を「1」と「5」にし、「書式」を「ユーザー設定の書式」とする
- 「フォント」タブからフォントの色を緑にし、「塗りつぶし」タブから緑を選ぶ



完成したら F9 キーを押してグラフが変化するか確かめる

<	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		