

シミュレーション論 I

第3回

シミュレーションと経済・社会システム

第2回レポート 解答例

オリジナルのつり銭問題の概要を記述

- 対象:サークルの会費集め
- 目的:つり銭を何枚用意すればいいか調べる

【モデル概要】

- サークル会費は300円
- サークルの人数は10人
- 1人ずつやってきて支払い、その際につり銭も渡す
- 支払いは100円玉3枚、500円玉1枚、1000円札1枚のいずれかで、その確率はそれぞれ40%、30%、30%と仮定する
- 500円玉で支払われた場合のつり銭は100円玉2枚
- 1000円札で支払われた場合のつり銭は500円玉+100円玉2枚
- Excelの乱数を用いて支払方法を確率的に発生させ、繰り返しシミュレーションすることによって統計データをとる

今回の内容

- シミュレーションとはどういうもので、どういう手順を踏むかは分かってきた
- では、経済科学部で学ぶ意味は？
- シミュレーションと経済・社会システムの関わり、利用されている分野などを学ぶ
- 前回の「つり銭問題」のシミュレーションを実際に作成する

シミュレーションと経済・社会システム

- 近年では、機械や建造物の設計などの工学的システムのみならず、経済・社会システムにおいてもシミュレーションが多く用いられるようになっている。
 - ◆ 企業などの経営計画、戦略決定
 - ◆ 国家や地域の経済計画、政策決定
 - ◆ 交通システム、通信システム、インフラなどの管理・運営
- シミュレーションが利用される理由はなんだろうか？

シミュレーションを用いる理由

- 経済・社会システムのシミュレーションをおこなう理由として、以下のような事柄が挙げられる。
 - ◆ 機械や建造物に比べて、実物や物理的モデルによる実験が困難
 - ◆ 企業戦略や政策決定など、一度決定するとやり直しがきかない
 - ◆ 様々な要素が相互に関係しあう複雑なシステムとなる
 - ◆ 「たら」「れば」の場合の実データが少ない
- コンピュータの発達とシミュレーション手法の多様化により、様々な現象をモデル化、シミュレーションできるようになった。

(参考)社会実験

- 経済・社会システムを対象とした分析において、絶対に「物理的実験」ができないわけではない
- いわゆる「社会実験」や「モニター調査」と呼ばれるものが挙げられる
 - (例)
 - 発売前の商品(食品など)を一部地域で先行販売し、反応を調査する
 - 高速道路の一部の範囲について夜間通行料を割引し、交通量の変化を調べる
- 「本番」の前の事前調査、確認

社会実験の例 (ETC料金割引)

ETC料金割引社会実験 ※実験の終了時期は、ホームページなどで改めてお知らせします。



HOME

ETC平日割引

ETC通勤割引
ETC深夜割引追加導入

ETC深夜割引の拡充

休日渋滞ポイントにおける
時間帯割引 (中国自動車道)
終了しました。(終了日:2007年12月30日)

NEXCO西日本の 料金割引社会実験



九州 ▶▶ 四国 ▶▶ 中国 ▶▶ 関西 ▶▶

NEXCO東日本・中日本の 料金割引社会実験



料金割引社会実験地図 中国

地図上の番号をクリックすると詳細情報が表示されます。



シミュレーションを用いる目的

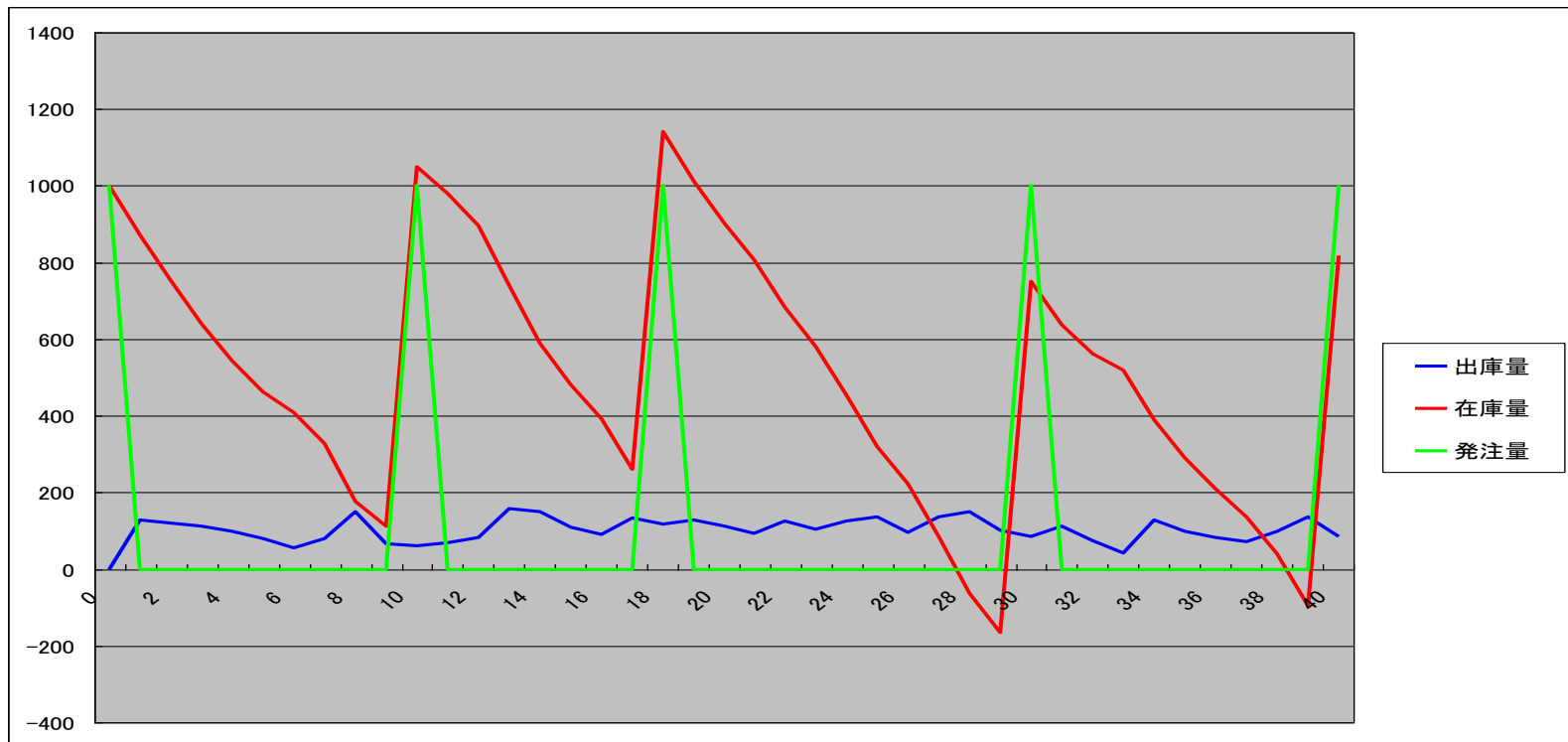
- 経済システムのシミュレーションをおこなう目的の例
 - ◆ より良い戦略や政策の策定・・・意思決定支援
 - ◆ 複雑な問題を近似的に解く・・・問題の最適化
 - ◆ 過去のデータや理論をもとに将来の予測を立てる・・・変動予測
 - ◆ 様々な仮定、条件のもとでの振る舞いを分析する・・・現象の理解
- 複雑な経済システムに対して、**科学的な分析**をおこなう。

シミュレーションの利用例(1)

- 在庫モデル
過去のデータなどから製品の販売量を推定し、必要な在庫量、発注方式、発注量などを決定する。
- シミュレーションの目的・・・品切れの回避、在庫費用の低減、効率的な発注方法の決定など
- 例：書店での書籍仕入れ
 - ・本棚の大きさには限りがある
 - ・品切れを起こすと発注から届くまで時間がかかる
 - ・発注は多すぎても少なすぎても経費がかかる

在庫管理のシミュレーション例

- 大型書店での書籍発注と在庫の管理
 - ◆ 販売量: 1日平均100冊、標準偏差30冊の正規分布
 - ◆ 発注量: 10日ごとに1000冊
- 結果を分析して発注の時期や量を決める



在庫管理のシミュレーション例(2)

■ シミュレーションモデルの内容

	出庫量	在庫量	発注量
0	0	1000	1000
1	10.15648	989.8435	0
2	137.0571	852.7864	0
3	119.1606	733.6258	0
4	103.2457	630.3801	0
5	138.4137	491.9664	0

乱数を発生させるプログラムで
出庫量(販売量)を決定

1期前の在庫量から販売量を引いて、
現在の在庫量を決定

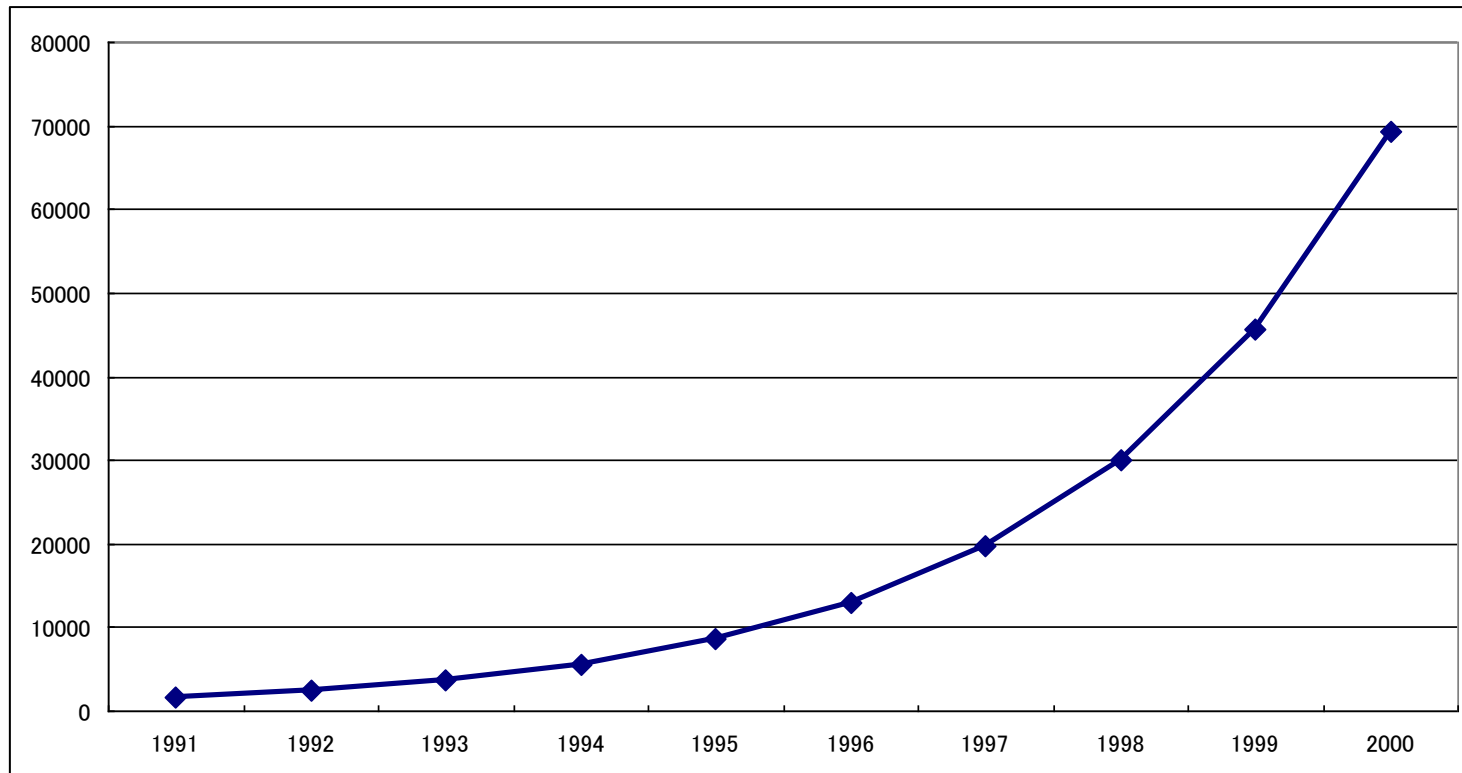
一定期間ごとに商品を発注

シミュレーションの利用例(2)

- 変化の予測
- シミュレーションの目的・・・過去のデータ等を利用して将来の状態を予測する
- 例：携帯電話の初期利用者数モデル
 - ・携帯電話の利用者数は年々増加
 - ・1991年以降の増加率は年平均52%
 - ・以降も同じ増加率で利用者が増えると仮定
 - ・短い時間間隔では増加速度を一定として計算

携帯電話の利用者数増加のシミュレーション

- 1年ごとの携帯電話の利用者を計算し、グラフにする。
- 時間間隔(ここでは1年)の間は増加速度が一定と仮定。



携帯電話の利用者数増加のシミュレーション(2)

■ シミュレーションモデルの内容

- 年の平均増加率が52%だから、ある年の翌年の利用者数は前年の1.52倍(ただし、1年の間の増加速度は一定と仮定)
- 実際は時々刻々と利用者が増えているので、増加速度も刻々と変化しているはず

年度	利用者数(万人)
1991	1600
1992	2432
1993	3696.64

52%増加(1.52倍)

52%増加(1.52倍)

練習

- 手計算で携帯電話の利用者数をシミュレーションしてみましよう。

- ・1991年の利用数:1600万人
- ・1年ごとの利用者数の平均増加率:52%

1995年まで計算し、グラフを描いてみてください(電卓等使用可)

シミュレーションの利用例(3)

- つり銭モデル
- シミュレーションの目的・・・確率的な現象を含むシステムの挙動を分析し、適当な対応方法を決定する
 - 会費が1万円札か千円札のいずれかで確率的に支払われる場合に、必要なつり銭の枚数を決める
- 例：サークル会費を集める場合(前回のモデル)
 - ◆ 15人のサークルで会費3,000円を集める
 - ◆ 会費は一人ずつ順にやってきて幹事に支払う
 - ◆ メンバーは1,000円札を3枚か、10,000円札1枚のどちらかで会費を支払う
 - ◆ 10,000円札で支払われた場合、1,000円札7枚をおつりとして支払う
 - ◆ どちらで支払うかの確率は50%ずつ

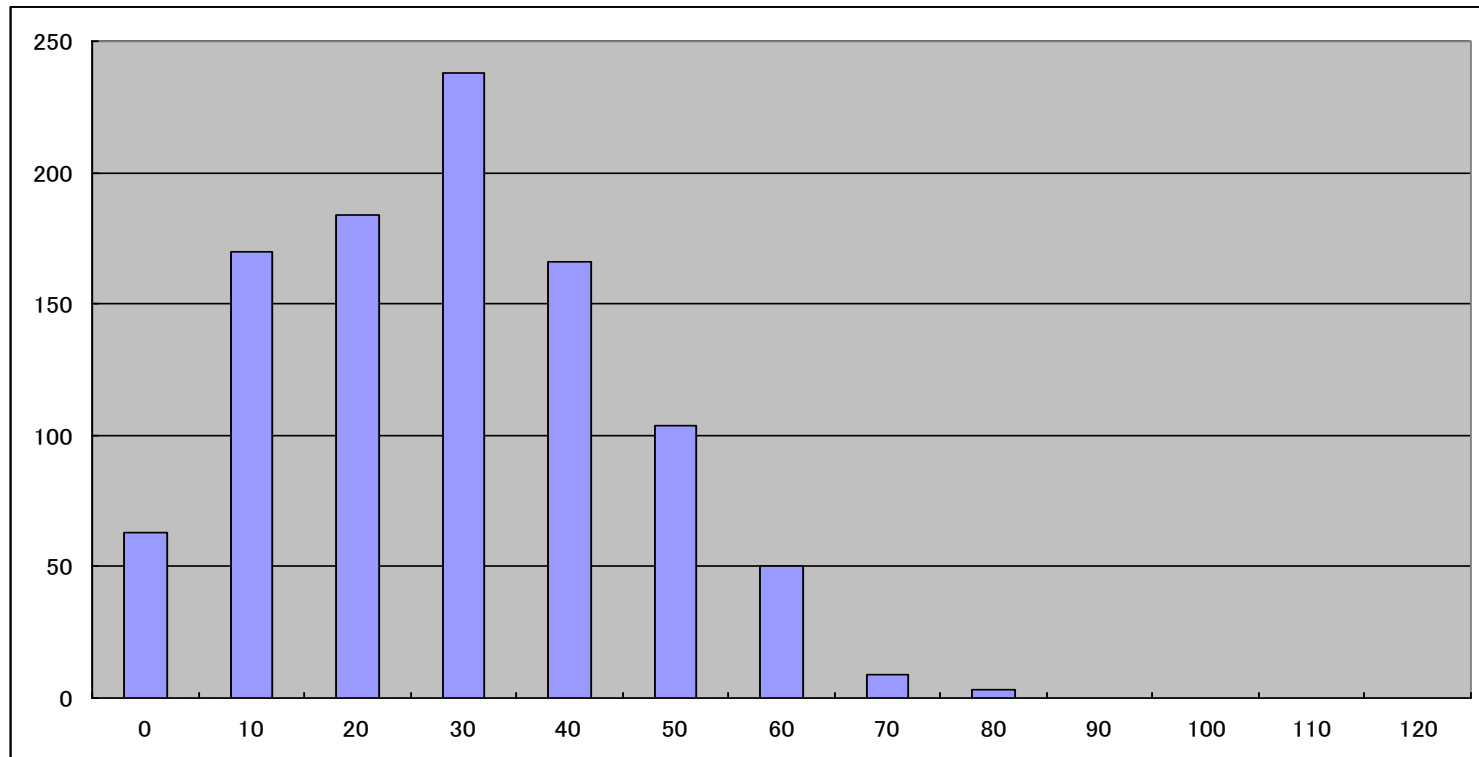
つり銭モデルのコンピュータシミュレーション(1)

- 前回手作業でやった部分を表計算ソフトで実行
- コイン投げの部分はランダムな数値を生成する関数を利用

人数	乱数	千円札の増減	千円札の枚数
1	0.13852776	3	3
2	0.28525612	3	6
3	0.68995525	-7	-1
4	0.19971704	3	2
5	0.60618908	-7	-5
6	0.13426254	3	-2
7	0.47502275	3	1
8	0.08019363	3	4
9	0.52686384	-7	-3
10	0.71964275	-7	-10
11	0.07354088	3	-7
12	0.42137136	3	-4
13	0.80388752	-7	-11
14	0.23207132	3	-8
15	0.26128645	3	-5

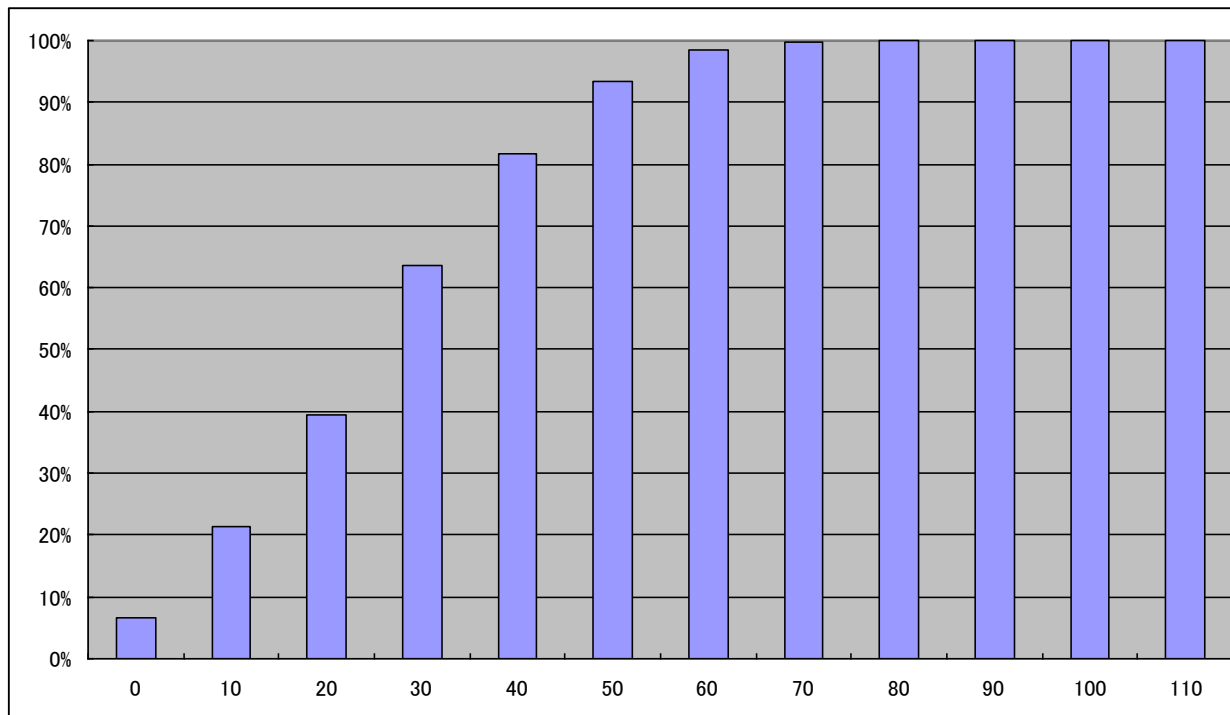
つり銭モデルのコンピュータシミュレーション(2)

- 手作業のシミュレーション→他の場合や可能性をどう評価するか？
- コンピュータシミュレーションを用いて繰り返し行い、集計する
- 下図は1000回繰り返した場合の集計



つり銭モデルのコンピュータシミュレーション(3)

- つり銭は何枚用意すればよいか？
→どの程度の場合に対応させるかを考え、累積確率から判断



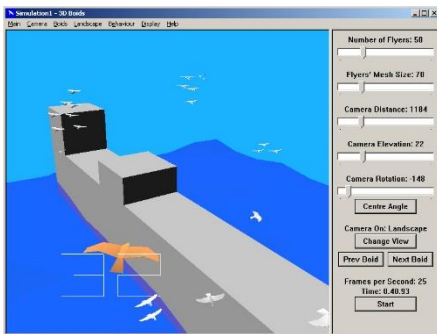
- 上図より、40枚用意すれば80%の場合、70枚用意すれば99%の場合に対応できる。

シミュレーションの利用例(4)

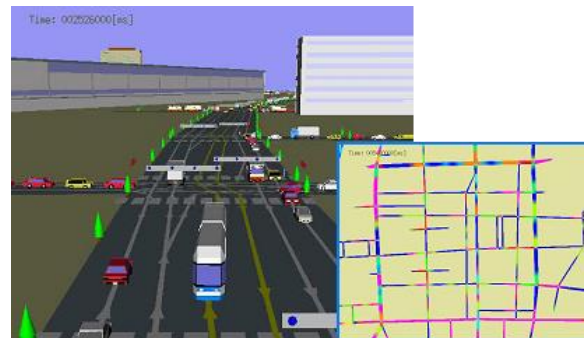
- マルチエージェント・シミュレーション
- シミュレーションの目的・・・消費者や企業などミクロな経済主体の相互作用の影響を分析する。
 - 個人や企業の行動は市場にどう影響するのか？
 - 複数の主体がお互いに影響し合うと全体はどう変化するのか？
- 例: 人工市場モデル
 - 製品市場
 - 株式市場 など

マルチエージェント・シミュレーション

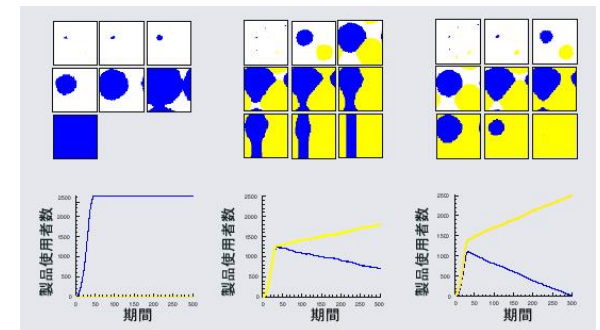
- 分析対象を**複数**の自律的に行動する**エージェント**によってモデル化するシミュレーション手法
- 生物・機械などの(集団としての)行動シミュレーション、社会・経済システムの挙動分析などによく利用される
- 例)
 - 鳥や魚などの群体行動のシミュレーション
 - 渋滞のシミュレーション
 - 流行の伝播、感染症の伝播などのシミュレーション など



3D Boids Projects より引用



東京大学 西川紘史氏による
交通渋滞シミュレーション



シミュレーションを作成してみよう

- ノートパソコンを起動し、表計算ソフト(Excel)を開いてください
- 前回の「つり銭問題」のシミュレーションを作成します
- ノートパソコンを持参していない人は
 - ※ 友達に見せてもらって一緒にやる
 - ※ 貸出パソコン(教員私物)で数名一緒にやる
 - ※ 別用紙の課題1と課題2をおこない、後日情報センターなどで復習する

以上のいずれかで対応してください

つり銭問題のモデル

- サークル会費3,000円を集める
- サークルのメンバーは15人
- 会費は一人ずつ順にやってきて幹事に支払う
- メンバーは1,000円札を3枚か、10,000円札1枚のどちらかで会費を支払う
- 10,000円札で支払われた場合、1,000円札7枚をおつりとして支払う
- どちらで支払うかの確率は50%ずつ

Excelファイルの作成

- Excelで新規ファイルを作成し、以下のような枠組を作る

	A	B	C	D	
1	人数	乱数	増減	枚数	
2	0			0	
3	1				
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		
19			必要枚数		
20					

乱数による支払いの分類

- Excelの乱数(=RAND()関数)を用いて支払方法を決定する・・・1000円札3枚か10000円札1枚か
- RAND()関数は[0~1)の一樣乱数を発生させる

- ◆ 乱数の値 < 0.5 ・・・1000円札で支払う(おつりなし)
- ◆ 乱数の値 ≥ 0.5 ・・・10000円札で支払う(おつりあり)

	A	B	
1	人数	乱数	
2		0	
3		1	=RAND()
4		2	

=RAND() と入力

IF関数を用いて1000円札の増減を決定する

- ◆ 乱数の値 < 0.5 ... 1000円札 +3枚
- ◆ 乱数の値 ≥ 0.5 ... 1000円札 -7枚

=IF(乱数のセル<0.5, 3, -7)

	A	B	C
1	人数	乱数	増減
2	0		
3	1	0.828715	=IF(B3<0.5,3,-7)
4	2		

1000円札の枚数をカウントする

- 1000円札の枚数 = (枚数の列の) 1つ上のセル + 増減

	A	B	C	D
1	人数	乱数	増減	枚数
2	0			0
3	1	0.036262	3	=D2+C3
4	2			

必要部分を下へコピーする

- B～D列を選択し、下へ(15人目まで)コピーする
- 選択した部分の右下をドラッグして下へ

	A	B	C	D	
1	人数	乱数	増減	枚数	
2	0			0	
3	1	0.752453	-7	-7	
4	2				
5	3				下へドラッグして コピー
6	4				
7	5				
8	6				

表部分の完成例

	A	B	C	D
1	人数	乱数	増減	枚数
2	0			0
3	1	0.931311	-7	-7
4	2	0.879225	-7	-14
5	3	0.826311	-7	-21
6	4	0.027617	3	-18
7	5	0.686097	-7	-25
8	6	0.103484	3	-22
9	7	0.547764	-7	-29
10	8	0.923477	-7	-36
11	9	0.963133	-7	-43
12	10	0.070129	3	-40
13	11	0.334442	3	-37
14	12	0.98594	-7	-44
15	13	0.360407	3	-41
16	14	0.730701	-7	-48
17	15	0.382761	3	-45
18			最小値	
19			必要枚数	

最小値とおつりの必要枚数を計算する

- 最小値・・・1～15人目までで枚数が最小になる部分
- 必要枚数・・・最小値 <0 なら最小値の絶対値
最小値 >0 なら 0

最小値を求める関数: =MIN(範囲)

絶対値を求める関数: =ABS(数値またはセル)

0.032998	3	-45
	最小値	=MIN(D3:D17)
	必要枚数	=IF(D18<0,ABS(D18),0)

基本部分の完成

- 「F9」キーを押すたびに数値が変化するので試してみよう

	A	B	C	D
1	人数	乱数	増減	枚数
2	0			0
3	1	0.667353	-7	-7
4	2	0.087183	3	-4
5	3	0.280347	3	-1
6	4	0.45033	3	2
7	5	0.089286	3	5
8	6	0.017624	3	8
9	7	0.391792	3	11
10	8	0.028286	3	14
11	9	0.108153	3	17
12	10	0.615861	-7	10
13	11	0.916321	-7	3
14	12	0.120111	3	6
15	13	0.215471	3	9
16	14	0.482048	3	12
17	15	0.852181	-7	5
18			最小値	-7
19			必要枚数	7
20				

- いったん 01.xls などの名前で保存し、さらに「名前をつけて保存」で 02.xls などとして保存しなおす

集計部分の作成

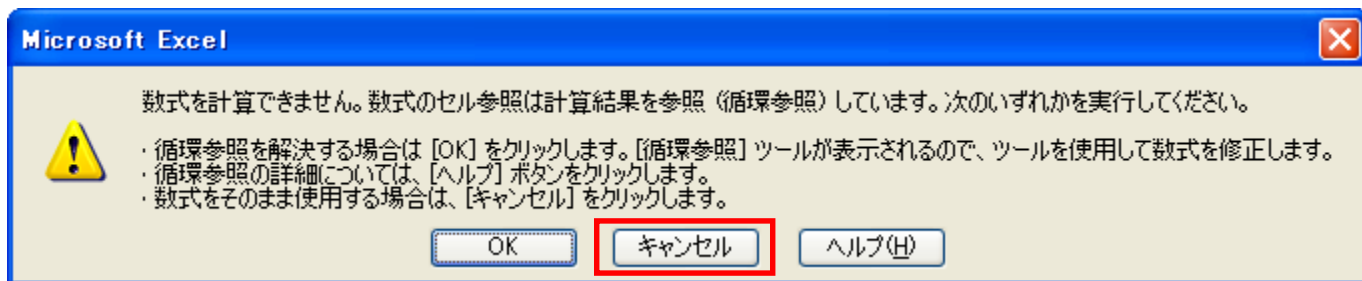
- Excelの循環参照を用いて、繰り返し計算・集計をします
- F～K列に以下のような表を作成してください

E	F	G	H	I	J	K	L
	繰り返し回数	枚数	下限	上限	頻度	割合	
		0～9	0	9			
		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			

繰り返し回数の計算

- 計算を繰り返すごとに回数をカウントするため、自セルに1を加える(= F2 + 1)
- 循環参照のエラーが出ますが、さしあたって「キャンセル」を押してください(Excel2013の場合は「OK」を押す)

	F	
	繰り返し回数	
	=F2+1	



頻度の計算

- 繰り返し計算中に、「下限」と「上限」の間の数値が何回出たかをカウントする
- IF関数を使って「もし必要枚数が下限以上、かつ上限以下なら自セルに1を加える」(そうでなければ自セルの数値はそのまま)
- 「〇〇かつ××」はAND関数を用いる
- $=IF(AND(必要枚数 \geq 下限, 必要枚数 \leq 上限), 自セル+1, 自セル)$

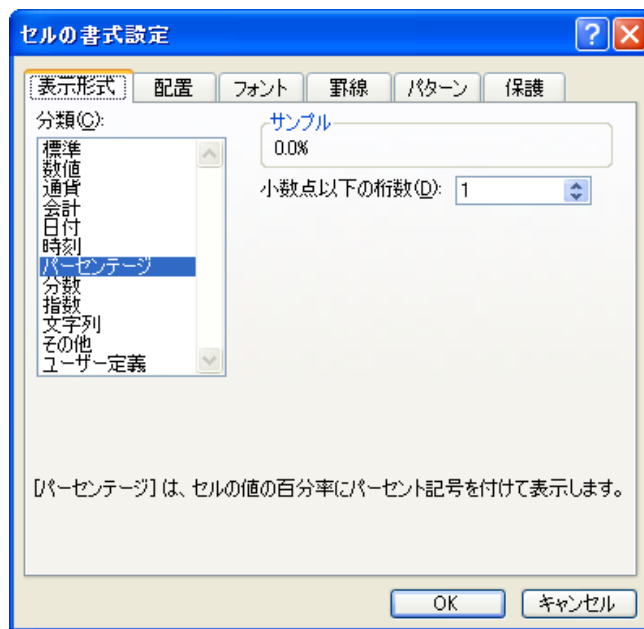
	H	I	J
	下限	上限	頻度
1	0	9	$=IF(AND(D$19 \geq H2, D$19 \leq I2), J2+1, J2)$
10	10	19	

- D19は先ほどの「必要枚数」のセル
- これを縦にコピーするので、行番号がずれないように\$マークをつけて「D\$19」とする

割合の計算

- 頻度を繰り返し回数で割って、割合を出す
- 縦にコピーするので、繰り返し回数のセルF2は「F\$2」としておく
- セルの書式を「パーセンテージ」にする

J	K
頻度	割合
0	=J2/F\$2




K2~K12を選び、
「書式→セル」を選ぶ

「表示形式」から
「パーセンテージ」
を選択し、少数点以下
の桁数を
「1」にする


頻度、割合の列を下にコピーする

- J2、K2を選択し、下へコピーする

J	K
頻度	割合
0	0.0%



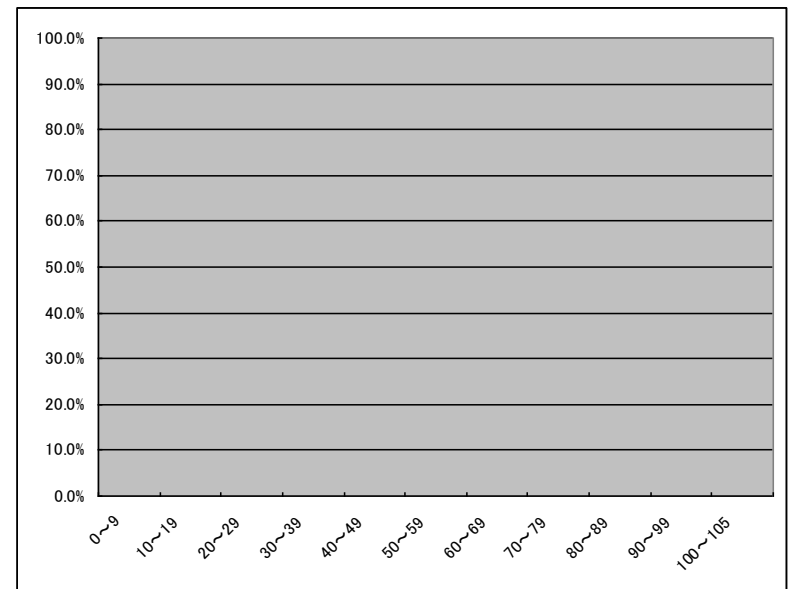
J	K
頻度	割合
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%
0	0.0%



グラフの作成

- 必要枚数の割合をグラフにする
- G2～G12とK2～K12を選び、「縦棒グラフ」を作成する
- 離れた複数列の選択は「Ctrlキー」を押しながらかこなう

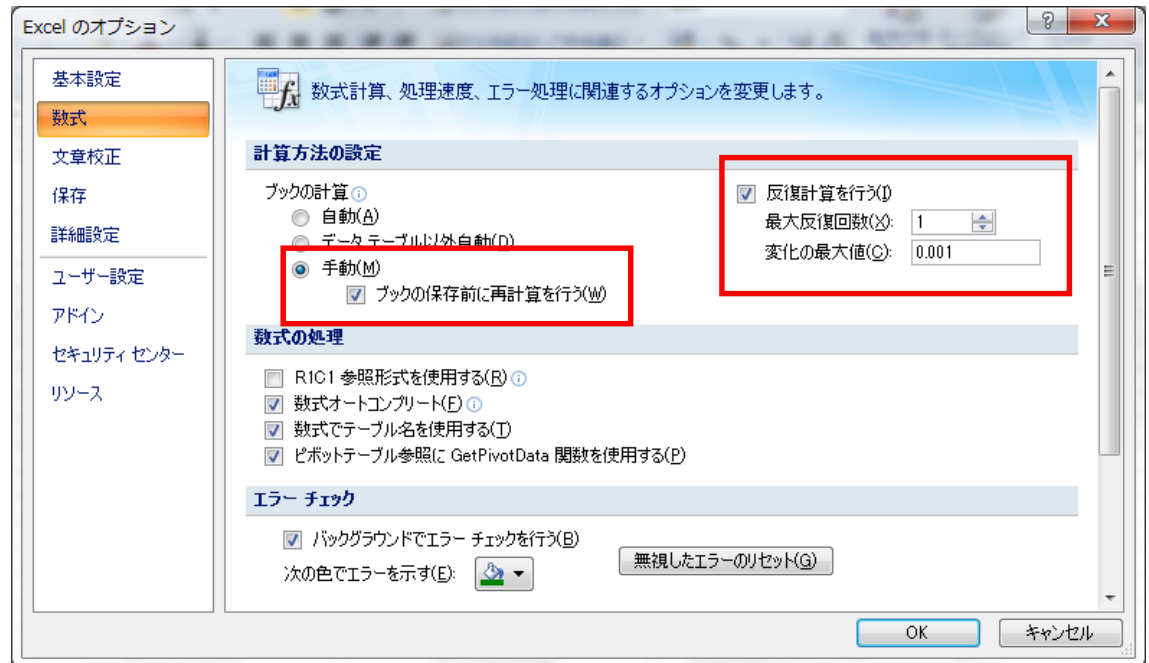
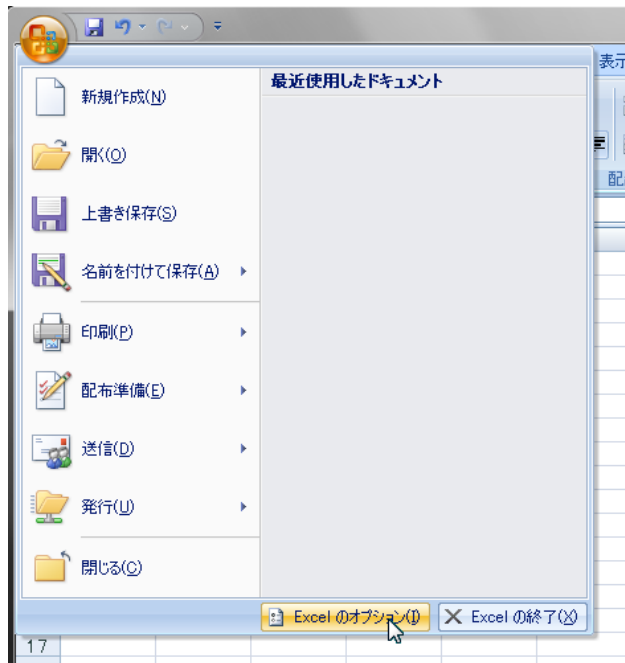
	G	H	I	J	K
枚	枚数	下限	上限	頻度	割合
0	0～9	0	9	0	0.0%
	10～19	10	19	0	0.0%
	20～29	20	29	0	0.0%
	30～39	30	39	0	0.0%
	40～49	40	49	0	0.0%
	50～59	50	59	0	0.0%
	60～69	60	69	0	0.0%
	70～79	70	79	0	0.0%
	80～89	80	89	0	0.0%
	90～99	90	99	0	0.0%
	100～105	100	105	0	0.0%



- ここまでを 02.xls として保存し、さらに「名前をつけて保存」で 03.xls などとして保存しなおす

循環参照の許可

- 左上のボタン(2007では丸いOfficeボタン、2010以降では「ファイル」メニュー)から「Excelのオプション」または「オプション」を選び、「数式」タブをクリック
- 「計算方法の設定」を「手動」にし、「反復計算を行う」にチェックして「最大反復回数」を「1」とする



完成

- 繰り返し計算が可能になり、「F9」キーを押すとグラフに棒が表示されるはず
- F9キーを押すことで繰り返し計算ができる

