シミュレーション論 I

第7回

待ち行列のシミュレーション(2)

シミュレーション論 I

■これまでの講義資料について

講義資料を以下のURLで公開していますので、欠席の場合などは利用して下さい

http://ns1.shudo-u.ac.jp/~iyori/

第6回のレポート(解答例)

乱数表より乱数を記入し、到着間隔・サービス時間にしたがってグラフを作成する

人数	乱数	到着間隔	乱数	サービス時間
1		0	4	4
2	5	2	5	4
3	3	2	4	4
4	6	3	1	2
5	7	3	5	4



例) 最大待ち人数:2人 最大待ち時間:5分 平均待ち時間:3分



待ち行列グラフを作成し、待ち行列の状態を調べるシミュレーションを作成してみよう

	A	В	С	D	E	F	G	Н	Ι	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	0.755977809	4		0	0	4	
3	2	0.51127889	3	0.164767501	2		3	4	6	
4	3	0.600445735	3	0.976024264	5		6	6	11	
5	4	0.205956001	2	0.683260856	4		8	11	15	
6	5	0.238032158	2	0.72421966	4		10	15	19	
7										

L	Μ	Ν	0	Ρ	Q	R	S	Т	U	\vee	W	Х	Y	Ζ	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	ΑK	AL	AM	AN	AO	AP
																												待ち時間		最大待ち時間
1																												0		5
2																												1		平均待ち時間
3																												0		1.8
4																												3		最大待ち人数
5																												5		2
_	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				



待ち行列:切符の自動販売機やスーパーのレジなどのように、客が順番にサービスを受けるために並ぶ行列

待ち行列の種類

- 定期到着、定期サービス:客の到着間隔、サービス時間
 とも一定
- ランダム到着、定期サービス:客の到着間隔はバラバラだが、サービスにかかる時間は一定
- 定期到着、ランダムサービス:客の到着間隔は一定だが、 サービスにかかる時間はバラバラ
- ランダム到着、ランダムサービス:客の到着時間、サービス時間ともバラバラ

待ち行列グラフ(復習)

待ち行列グラフ



シミュレーションのモデル

- 乱数の値に応じて到着間隔、サービス時間を決定して表を作成 する。
- 到着間隔とサービス時間が以下の確率に従うと考えて、ランダ ム到着・ランダムサービスの場合を考える。

到着間隔	確率
1	0.1
2	0.2
3	0.4
4	0.2
5	0.1

サービス時間	確率
1	0.1
2	0.1
3	0.3
4	0.4
5	0.1

ノートPCをお持ちでない方は別課題1をやって下さい

乱数を生成する

- 以下のような表を作成し、乱数の部分に =RAND() と記述する。
- ただし1人目は乱数なし、到着間隔は0とする。
- 記述したら下へ人数分コピーしておく。

	B3 ▼ f \$	/ =RANDO				
	A	В	С	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	=RAND()				
4	3		Ĩ			
5	4					
6	5	•		•		
7						

続いて、乱数の値に合わせて到着間隔とサービス時間を決定する。

到着間隔を生成する

乱数の値が 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

到着間隔のセル(C3)に以下の数式を入力する

	CORREL	▼ X √ fx =	IF(B3<0.1,1,IF(B3<0.3,2,IF(B3<0.7,3,IF(B3<0.9,4,5))))			
	A	В	С	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))))	Į		
4	3					
5	4					
6	5					
7						

(C3セル)

=IF(B3<0.1,1,IF(B3<0.3,2,IF(B3<0.7,3,IF(B3<0.9,4,5))))

サービス時間を生成する

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

■ サービス時間のセル(E2)に以下の数式を入力

	CORREL	▼ X √ fx =	IF(D2<0.1,1,IF)	(D2<0.2,2,IF(D2<	(0.5,3,IF(D2<0.9,4,5))))	
	A	В	С	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))))	Į
3	2	0.680293583	3			ĺ
4	3					
5	4					
6	5					
7						
-						

• (E2セル)

=IF(D2<0.1,1,IF(D2<0.2,2,IF(D2<0.5,3,IF(D2<0.9,4,5))))

到着間隔・サービス時間の表の完成

入力が終わったらそれぞれ下へ人数分だけコピーすると、
 以下のような表ができる。

	A	В	С	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	0.638502494	4	
3	2	0.586574989	3	0.965063762	5	
4	3	0.7573072	4	0.385243829	3	
5	4	0.140601074	2	0.662298669	4	
6	5	0.257549868	2	0.050316389	1	
7						

注:数値は人によって異なります

グラフに必要なデータを計算する

グラフの作成のために、各人の「到着時刻」、「サービス開始時刻」、
 「サービス終了時刻」を計算する

- 到着時刻 = 前の人の到着時刻 + 到着間隔
- サービス開始時刻 = MAX(前の人のサービス終了時刻、到着時刻)
- サービス終了時刻 = サービス開始時刻 + サービス時間



- 先ほどの表の右側に図のような表を追加する
- 1人目の到着時刻とサービス開始時刻は0、サービス終了時刻は1人目のサービス時間(=E2)を入れておく

	A	В	С	D	E	F	G	Н	Ι	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	<u> サービス終了時刻</u>	
2	1		0	0.179828658	2		0	0	=E2	
3	2	0.054342002	1	0.827985498	4				Ï	
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						L				_

到着時刻 = 前の人の到着時刻 + 到着間隔 だから
 (G3セル) = G2 + C3

		••••								
	A	В	С	D	E	F	G	Н	Ι	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	0.758866378	4		0	0	4	
3	2	0.786376284	4	0.356983307	3		=G2+C3	Į		
4	3	0.073301619	1	0.631538385	4					
5	4	0.205482772	2	0.062853169	1					
6	5	0.648469003	3	0.2601 30247	3					
7										

サービス開始時刻の計算

- サービス開始時刻は、「前の人のサービス終了時刻」と「到着時刻」の 遅い方となる
- サービス開始時刻 = MAX(前の人のサービス終了時刻、到着時刻)
- Excelの =MAX(a, b)を使うと大きい方の値を出してくれるので利用する
- (H3 セル) = MAX(I2, G3)



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)=H3 + E3

	E	F	G	Н	Ι	J
	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	
5	4		0	0	4	l
7	4		5	5	=H3+E3	Į
Э	1					
	4					
Э	5					

できたらG2~I2セルを下へ人数分コピーする

F	G	Н	Ι	J
	到着時刻	サービス開始時刻	サービス終了時刻	
	0	0	3	
	3	3	7	
	6	7	11	
	8	11	15	
	13	15	18	
			,	R
				48

グラフの準備

- 続いてグラフの作成をおこなう
- Excelのセルそのものをグラフの代わりとして使用する
- 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





- ある人の状態がどのようになっているか考えよう
- 状態の数は「4」
 - (1)到着前

現在時刻 < 到着時刻

(2)待っている状態

到着時刻 ≦ 現在時刻 < サービス開始時刻

(3)サービスを受けている状態サービス開始時刻 ≦ 現在時刻 < サービス終了時刻

(4)サービス終了済み

サービス終了時刻 < 現在時刻

Excel上での表現

- 4つの状態をそれぞれ ""、"待"、"サ"、"" で表すように IF 関数を利用 してみよう
- 現在時刻く到着時刻なら""(ダブルコーテーション2つ、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"
- IF関数を使って

(M2セル)

=IF(M\$7<\$G2,^{""},IF(M\$7<\$H2,["]待",IF(M\$7<\$I2,["]サ",^{""})))

Excel上での表現(2)

(M2セル) =IF(M\$7<\$G2,^{""},IF(M\$7<\$H2,["]待",IF(M\$7<\$I2,["]サ",^{""})))

DRF	REL 🚽 💙	× √ & =if(m\$7<\$G2	2,"",IF(M\$7<\$H2,"待"	,IF(M\$7	<\$12	2,″ ' '		`)))													
F	G	Н	Ι	J	К	L	M	Ν	0	Ρ	Q	R	S	Т	U	V	W	Х	Y	Ζ	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	=IF(M\$7	7<\$0	G2,"	″,IF(M\$7	/<\$F	-12,"	待",	IF(N	1\$7<	\$12	<u>゙゚</u> ゙゚サ	, <i></i>)))	
	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

- ※ 現在時刻は「M7セル」から右へ順に使用する
- ※ 縦・横にコピーすることを考えて絶対参照 \$ を使う
- ※ \$ が前についているアルファベット、数字は縦横にコピーしても変化しない

Excel上での表現(3)

- 右(AL列まで)・下(6行まで)へM2セルをコピーする
- うまくいっていれば下記のような状態になる





待ち人数グラフの作成

- 続いて待ち人数のグラフを作成する
- 待ち人数は、「縦列での"待"の数」になる



"待"が縦に2つ並んでいるので待ち人数は2

- Excelの COUNTIF 関数 を使って "待"の数を集計するとよい
- COUNTIF 関数・・・条件に合致するセルの数の合計を出す



 COUNTIF 関数で縦の"待"の数を集計し、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 "" を記入する

(M9セル)

=IF(\$L9<=COUNTIF(M\$2:M\$6,"待"),\$L9,"")

RREI	-		•	×	V	f _x =	IF(\$	L9<	=00	DUN	TIF(M\$2	2:M\$	6,″ í	寺"),	\$L9,	," ")					
K	L		М	Ν	0	Ρ	Q	R	S	Т	U	\vee	W	Х	Y	Ζ	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
		rt.									/+ <i>u</i>											
		1	=IF(<u>\$L9</u>	<=C	OU	NTIF	-(M\$	52:M	\$6, [~]	待	2,\$L	9	2								
	-	4																				
		3																				
		2																				
		1																				
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
-		+	_																			

Excel上での表現(2)

- できたら左右・上下にコピー
- うまくいっていれば下記のようになるはず
- F9キーを何度か押して確認してみよう

L	M	N	0	Р	Q	R	S	Т	U	V	W	Х	Y	Ζ	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
1	サ	サ	サ	サ																							
2				待	サ	サ																					
3							サ	サ	サ	サ	サ																
4									待	待	待	サ	サ	サ	サ												
5											待	待	待	待	待	サ	サ	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	
5																											
4																											
3																											
2											2																
1				1					1	1	1	1	1	1	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	
																											·····

セルに色をつける

- セルに色をつけるには「条件付書式」を使う
- 待ち行列のグラフ部分を選択し、「ホーム」から「条件付き書式」→
 「セルの強調表示ルール」→「指定の値に等しい」を選択

L	M	Ν	0	Р	Q	R	S	Т	U	٧	W	Х	Y	Ζ	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	A١
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	
5																											
4																											
3																											
2																											
1							1	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	

▼ .00. →.0	条件付き 書式 * 書式設定 * スタイル *	日本	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
G	セルの強調表示ルール(<u>H</u>) →	編集 ▶ 指定の値より大きい(<u>G</u>)
L	10 上位/下位ルール(工)	÷	指定の値より小さい(L)… R
	データ バー(<u>D</u>)	÷	指定の範囲内(<u>B</u>)
	カラー スケール(<u>S</u>)	+	指定の値に等しい(E)…
	דלם> דלם> לעלי <u>דרלי</u>	÷	<u></u> 文字列(<u>T</u>)
	 11.10 <l< th=""><th>+</th><th>日村(<u>A</u>)</th></l<>	+	日村(<u>A</u>)
	III ルールの管理(<u>R</u>)		重複する値(D)
			その他のルール(<u>M</u>)

セルに色をつける(2)

 「次の値に等しいセルを書式設定」を「サ」とし、「書式」から「ユーザー 設定の書式」を選ぶ

	指定の値に等しい	? ×
次の値に等しいセルを書式設定:		
ب	画書式: ユーザー設定の書式 OK	▼

「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

		1	ビルの看	目北政化			
長示形式	フォント	罫線	塗りつぶし				
/オント名(F	·):			スタイル(<u>O</u>):		サイズ(S):	
TEMSF TEMSF	りゴシック (見)ゴシック (本	見出し) (文)	1	、 標準 斜体	\sim	6	^
Adobe	Fan Heiti	Std B		太字		9	
Adobe	Gothic S	td B		太子 料体		10	
Adobe	Heiti Std	R	1		\vee	12	~
ト線(<u>U</u>):				'⊞(<u>C</u>):			
					<u> </u>		
又子即り				7021-			
	■し物味(<u>K</u>) ⊨(E)				a_# +	~ # +	
	≥(⊏) ⊨(⊡)				A900 @	// 聖士	
	(0)						
条件付き書	式にはフォン	ተወスタイル	し、下線、色、さ	らよび取り消し線	が設定でき	ます。	
						5	ሣፖ(<u>R</u>)
							t+2^d711.
					C		++>21

セルの言	書式設定	?	×
表示形式 フォント 野線 塗りつぶし			
背景色(<u>C</u>):	パターンの色(<u>A</u>):	_	
色なし	自動	•	
	パターンの種類(<u>P</u>):		
		1	
塗りつぶし効果(<u>I</u>) その他の色(<u>M</u>)			
サンプル			
		クリア	'(<u>R</u>)
	ОК	 ‡†	ンセル

セルに色をつける(3)

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

	指定の値に等しし) ? ×
次の値に等しいセルを書式設定:		
待	逐 書式:	ユーザー設定の書式 🗸
		OK キャンセル

「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

セルの書	式設定 ? ×
表示形式 フォント 野線 塗りつぶし	
フォント名(F):	スタイル(<u>O</u>): サイズ(S):
T M S Pゴシック (見出し) T M S Pゴシック (見出し) A Mobe Fan Heiti Std B Adobe Fan Heiti Std B Adobe Angesong Std R B Adobe Heiti Std R C Adobe Heiti Std R	備進 へ 8 へ 8 へ 7 小 4 小 4 小 4 小 4 小 4 小 4 小 4 小 4 小 4 小
· ∞(<u>∪</u>).	(g).
文字飾り	プレビュー
 取り消し線(K) 	
上付き(E)	Aaあぁアァ亜宇
■下付き(B)	
条件付き書式にはフォントのスタイル、下線、色、お。	はÚ取り消し線が設定できます。 クリア(<u>R</u>)
	OK キャンセル



待ち行列グラフ部分の完成

- 図のようになっていれば成功
- 続いて待ち人数グラフにも色をつける



待ち人数グラフの作成(1)

● 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」を選択



待ち人数グラフの作成(2)

指定の範囲を「1」と「5」にし、「書式」を「ユーザー設定の書式」にする
 フォントの色と塗りつぶしの色を緑にする

指定の範囲内		8	x
次の範囲にあるセルを書式影	设定:		
1	٤ 5	書式: ユーサー設定の書式	
		OK キャンセノ	V

スタイル(Q): 標準 斜体 太字 太字 斜体	サイズ(S): 6 8 9 10	
標準 斜体 太字 太字 斜体	6 8 9 10	*
T		
	▼ 12	-
-		
プレビュー		
A	Aaあぁアァ亜宇	
明り消し線が設定	できます。	ם)קרור
	 ブレビュー ブレビュー ブリンドュー グリンドリンド グリンド グリンド グリンド グリンド グリンドシンド グリンド グリンド<td> ブレビュー イレビュー Aaあぁ7ァ亜宇 ジ取り消し線が設定できます。 </td>	 ブレビュー イレビュー Aaあぁ7ァ亜宇 ジ取り消し線が設定できます。



以下のようなグラフができていれば完成 F9キーを押してグラフが変わることを確かめよう



次回の講義について

次回は中間レポートに向けたシミュレー ションの構築を行います

■ PCを持っている人は持参してください

 共有PCを利用する人で、データを持ち 帰りたい人はUSBメモリ等を持参してく ださい