

EXCEL利用のシミュレーション

—いくつかの教育的例題（Ⅱ）—

石 田 徳 孝

I 緒 論

前稿 [2] において、「統計学」や「経営科学 (OR)」の分野での教育的な演習問題の紹介事例の一つとして、EXCEL を利用しての「待ち行列のシミュレーション (モンテカルロ法)」を取り上げてきた。

繰り返すまでもないが、シミュレーション (モンテカルロ法) モデルは、現実の経営上の諸問題を経営科学的に解明するに当たり、有用性の高い非常に有効な方法であり、それ故、我々文系・経営学を学ぶ学生にとって大いに意義ある格好の学習テーマ足り得るものである。本法は、難解な高等数学とは全く無縁の基本的に発想を異にする概念手法である。抽象概念を振り廻すのでなく、卑近な事例・具体的にイメージできる現象を取り上げ問題解決の方法を探るのであり、おまけに我々文系の学生にとってとかく敬遠の対象になりがちだった数学がいらないとなれば、これほど良きことはない、という訳で学習のし易さ・取っ組み易さという点において大変優れた面白い教材になり得ると信じている。

しかしながら何事も、労少なくして、多大な成果を上げるというような虫のいい話などあるまい。ここで要求されてくる能力？ は、シミュレーションの実際に伴う具体的作業の中身の話に関わってくることになるのではあるが、延々と続く、こつこつ積み上げて飽きることのない、地道な作業遂行の持久力・耐久心—それこそ気の遠くなるような作業—が要求されてくる。というような訳で、結局考え方の解説はできても、これを実際に実施するとなると、ハッキ

り言ってとても人間的な業ではないのである。そのような次第で、ここで頓挫の仕儀に相成る。従来までは。

前稿 [2] において、このシミュレーション—具体例として「待ち行列のシミュレーション」—を、我々にとって身近なパソコンソフト EXCEL を用いることを通じて、実行可能であることを提案し、その実際を紹介したのである。EXCEL を用いて、シミュレーションを実施可能とするには、予めこれを実現可能ならしめる（一種の）プログラムを組んでおくことだが、手作業のような単純作業と違い知的な作業を伴うものである。学生たちもきっと興味を持ってくれるに違いない。プログラム化作業には、これはこれで別の能力とそれなりの努力もまた新たな要求条件とされてはくるであろうが、しかし一端これが完成された暁には、ボタンを押せば（然るべきところをクリックすれば）、瞬時に答えを出してくれる。上で虫のいい話はないと言ったが、当分野に関心を持つ当事者としては、誠に夢のような話なのである。

前置きはこれぐらいにして、本論考の目標と構成を述べておく。

次節Ⅱは、前稿 [2] で取り上げた問題を再掲することから始める。本稿は、前稿 [2] からの継続した考察である。したがって、[2] で取り上げた問題を再掲することはもとより、ここで手付かずとして残された課題について触れる。

Ⅲ節は、本稿の考察の結果、まずはその成果を示す。本稿の特殊事情もあって、言葉による如何なる説明よりも、まず何を作ったか、その成果を見れば一目瞭然であろう。まさに、論より証拠、百聞は一見に如かず、が当たっている事例である。

Ⅳ節は、本稿のメインであり、作成したプログラムを示す。使用のプログラミング言語は、Office 2000, 2002 等標準で搭載されている VBA (Visual Basic for Applications) である。

Ⅴ節は、前節作成のプログラムの解説に充てる。と言っても、最も重要な核心部分になるところに止め、事細かな解説は割愛する。事細かなそれはプログラムを読める者にとっては却って冗長にもなるし、何よりプログラム自身厳密

で雄弁な説明者であると思われるからである。

VI節は、プログラム実行結果から見て取れるコメントである。そもそも本来はこちらが最終の考察・分析対象であるべきところだが、本稿の趣旨はプログラム作成にある。とは言え、プログラム実行結果、多言を要しない、改めて確認された事実（少し誇張すれば、発見）があるので、それについて一言触れておく。

II サービス窓口のシミュレーション（モンテカルロ法）

前稿 [2] で取り上げた問題は、宮川公男ら [1] からのもので、それは同書 [1] P.180 において次のような問題として提示されている。

いま、あるサービス窓口に着くお客の到着時間間隔およびサービス時間の確率分布が、次表のように与えられているものとする。

表 2-1

到着間隔	確率	乱数	サービス時間	確率	乱数
1 (分)	0.33	00~32	1 (分)	0.05	00~04
2	0.31	33~63	2	0.34	05~38
3	0.11	64~74	3	0.20	39~58
4	0.10	75~84	4	0.13	59~71
5	0.09	85~93	5	0.11	72~82
6	0.06	94~99	6	0.10	83~92
			7	0.07	93~99

このような仮設の下、お客が到着し、サービスを受け、サービスが終われば系から立ち去るわけであるが、系の状況—具体的には、待ち行列の長さ、待ち時間、窓口の遊休時間—がどうなるか、である。考察に当たり今一つの前提条件として、サービス窓口の個数が必要になってくるが、まずは一つの場合、そして次に二つになるとどうなるか、これが問題である。この問題をいわゆるシミュレーション（モンテカルロ法）の技法を用いて解こうとするのである。

表2-2 サービス窓口のシミュレーション

お客	乱数	到着間隔	到着時間	乱数	サービス時間	窓口が一つの場合				窓口が二つの場合				
						サービス開始時刻	サービス終了時刻	待ち時間	窓口の遊休時間	サービス開始時刻	サービス終了時刻	待ち時間	*窓口の遊休時間	
1	74	3(分)	3(分)	68	4(分)	3	7	0	3	3	7	0	3	7
2	54	2	5	93	7	7	14	2	0	5	12	0	0	12
3	34	2	7	86	6	14	20	7	0	7	13	0	0	13
4	04	1	8	87	6	20	26	12	0	12	18	0	0	18
5	38	2	10	62	4	26	30	16	0	13	17	0	0	17
6	05	1	11	17	2	30	32	19	0	17	19	0	0	19
7	97	1	17	29	2	34	34	15	0	18	20	0	0	20
8	23	1	18	09	2	36	36	16	0	19	21	0	0	21
9	32	1	19	90	6	36	42	17	0	20	26	0	0	26
10	67	3	22	97	7	42	49	20	0	22	29	0	0	29
11	67	3	25	99	7	49	56	24	0	26	33	0	0	33
12	67	3	28	48	3	56	59	28	0	29	32	0	0	32
13	78	4	32	78	5	59	64	27	0	32	37	0	0	37
14	32	1	33	13	2	66	66	31	0	33	35	0	0	35
15	45	2	35	22	2	68	68	31	0	35	37	0	0	37
16	81	4	39	83	6	74	74	29	0	39	45	0	0	45
17	77	4	43	59	4	78	78	31	0	43	47	0	0	47
18	57	2	45	71	4	82	82	33	0	45	49	0	0	49
19	25	1	46	85	6	88	88	36	0	47	53	0	0	53
20	50	2	48	09	2	90	90	40	0	49	51	0	0	51
21	41	2	50	46	3	93	93	40	0	51	54	0	0	54
22	09	1	51	23	2	95	95	42	0	53	55	0	0	55
23	57	2	53	30	2	97	97	42	0	54	56	0	0	56
24	82	4	57	35	2	99	99	40	0	57	59	0	0	59
25	17	1	58	51	3	102	102	41	0	58	61	0	0	61
26	70	3	61	69	4	106	106	41	0	61	65	0	0	65
27	97	6	67	31	2	108	108	39	0	67	69	0	0	69
28	31	1	68	45	3	111	111	40	0	68	71	0	0	71
29	30	1	69	48	3	114	114	42	0	69	72	0	0	72
30	98	6	75	85	6	114	114	39	0	75	81	0	0	81
								840 (28.0)	3			23 (0.77)		23 (0.77)

注) *印は、それぞれの窓口が新たにサービスを開始するまでの遊休時間をあらわす。() は平均待ち時間

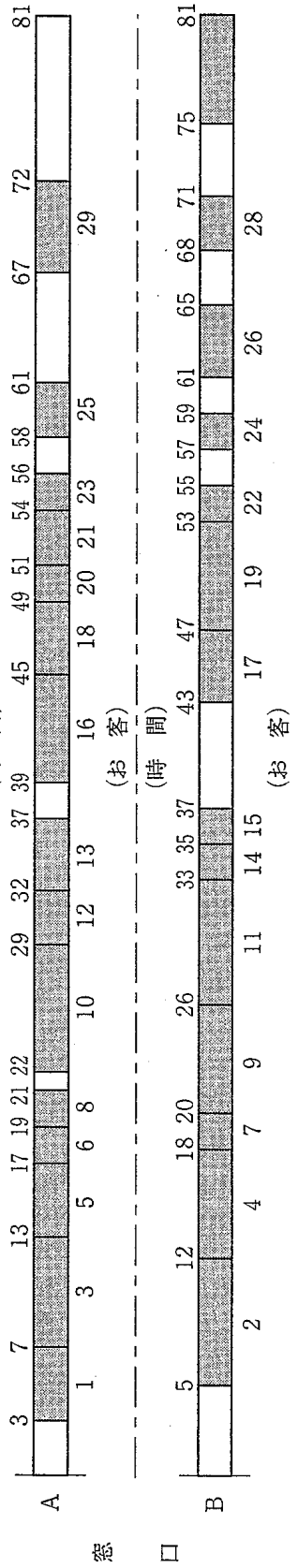


表2-2は、[1] p.181に載せられているシミュレーションである。ここでは、乱数はテキスト巻末の乱数表から、お客毎にその都度取り出されシミュレーションが行われたものであった。

しかるに、前稿[2]では、この問題に対して、手作業から完全に解放されるべく、専らEXCELに装備されている関数を使って、このシミュレーションを実現しようとする試みであった。

前稿[2]で述べたことであるが、作表に当たっては、特に窓口が二つの場合に問題になってくるのであるが、まず、お客の窓口入室のルールを取り決め、さらに作表のためのアイデアとして、表2-2では表示されていない補助的な欄を追加して設けたこと、などがポイントであった。まずその窓口入室のルールとは、

お客が到着して窓口A、Bに入るに当たり、

【A】 1番目のお客は、窓口Aに入る。

【B】 2番目のお客は、窓口Bに入る。

3番目以降のお客に対するルールとして、

【C】 お客が到着したとき、いずれか一方の窓口が空いていれば、その空いている方に入る。

【D】 お客が到着したとき、両方の窓口が塞がっていても、お客は待機して（つまり立ち去らずに）、いずれか先に空いた方に入る。

【E】 上の補足にもなるが、もし両窓口が同時に空けば、そのときは窓口Aに入ることとする。

【F】 お客が到着した時点で既に、両窓口が空き状態であれば、先に空いている方に優先順位があるものと見做し、先に空いている方に入ることにする。

以上が、事前に取り決めたルールであった。

次に、追加した補助的欄についてであるが、これを説明するには、まず、前稿[2]の結果の一例を示しておくことにする。

表2-3がそれである。実は[2]でも述べたようにこの表は、乱数を手動入力したものであり、その意味で全く特殊なものであった。通常は、その時その時限りのその組み合わせの乱数は2度とは出現されないものである。

表には、Q列～T列に示したように、窓口A、窓口Bの入室時刻・退出時刻のお客番毎の逐次変化を追跡計算する列を付け加えてある。これらの列は元の表にはなく、このままそれがない状況で問題を考えようとするとなかなか難しい。表に示したようなこれらの列を追加することにより、途中の思考プロセスをワン・クッション置くことで問題は一気に解決に向かう。ちょうど幾何学における補助線的役割に似ている。

ともあれ、当初の目標通り、瞬時にシミュレーションの実行結果を得ることができることとなった。ここまでが、前稿[2]の論考での成し得たことの内容である。

ところで、表2-2において、下段の方に目を転じると、今のシミュレーションの結果として、お客毎の各窓口におけるサービス時間の状況を示す図の描画がなされている。いわゆる、ガントチャートである。前稿[2]では、全くこれは考察の対象とされていなかった。これがどうにかして描けないものだろうか。もしそれができるとなれば、シミュレーションの結果をその都度その都度ビジュアルに表示でき、理解も一層深まり、課題に対する興味と関心が増大すること間違いなし。本稿は、端的に言えば、このガントチャートを描くことが目標である。

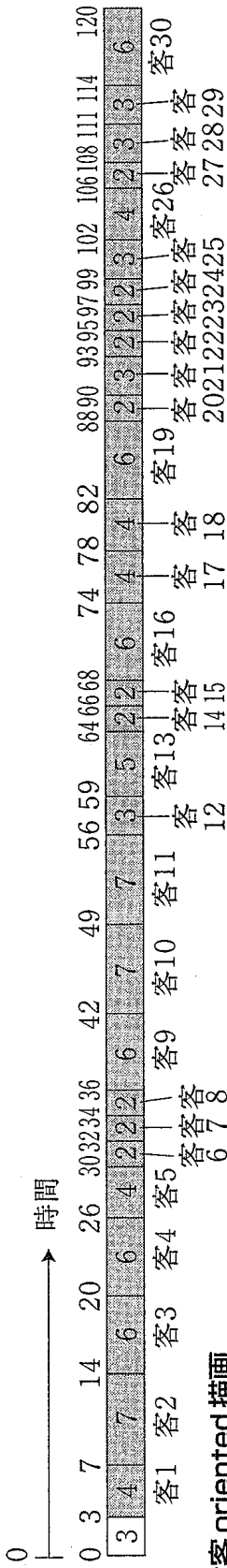
Ⅲ ガントチャート描画

以下の表および図は、本稿作成のプログラムを実行した結果である。少し補足しておくが、本稿では、表2-2の表示のものはもとより、密接な関連の描画をも新たに付け加え、描画している。まずは、窓口1つの場合、窓口2つの場合と分け、さらに、窓口に観点を絞ったいわゆる「窓口 oriented 描画」と、お客に観点を向けた「お客 oriented 描画」であり、窓口一つの場合、窓口二つ

図 3-1

窓口一つの場合

窓口 oriented 描画



お客 oriented 描画

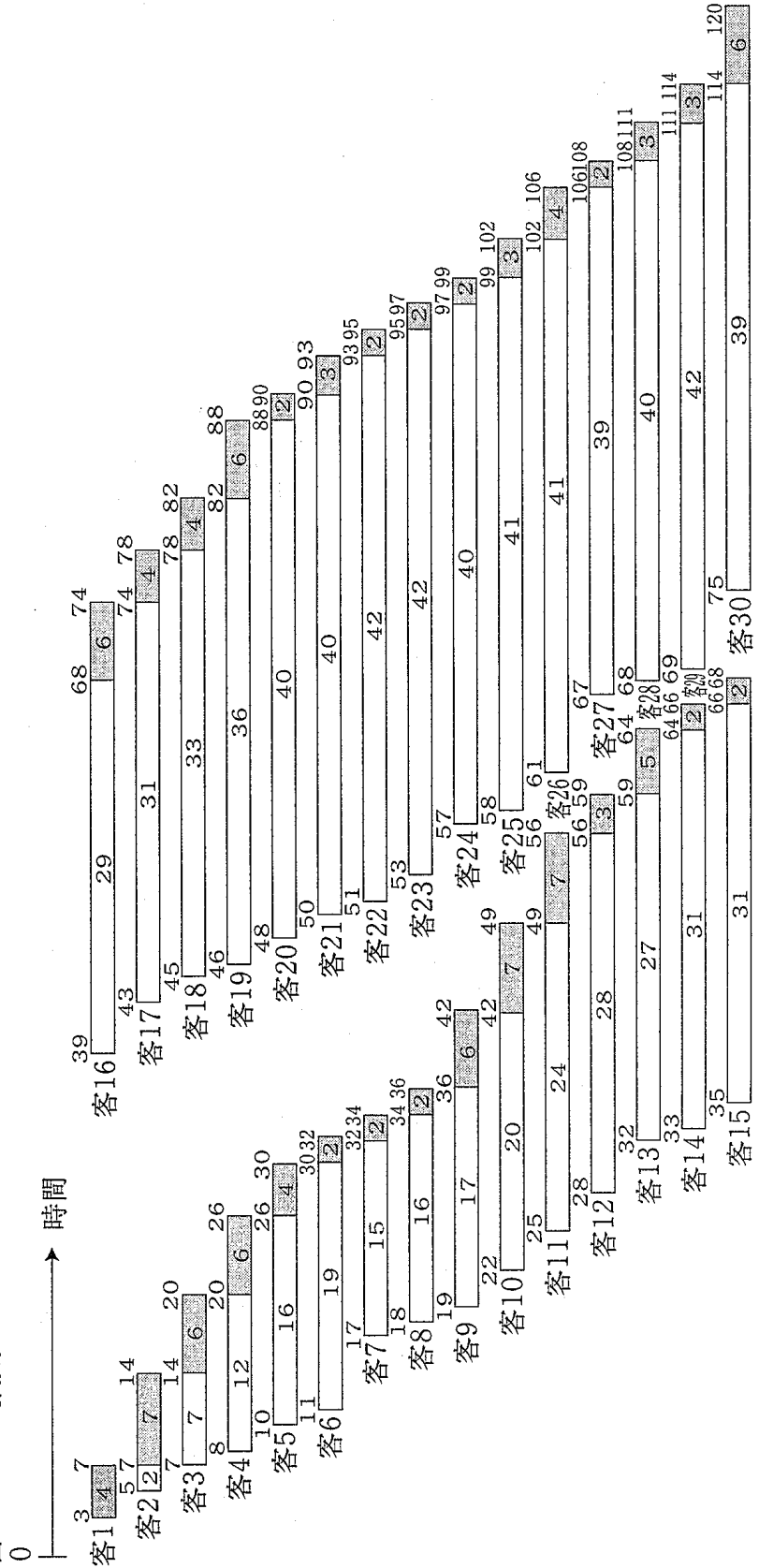
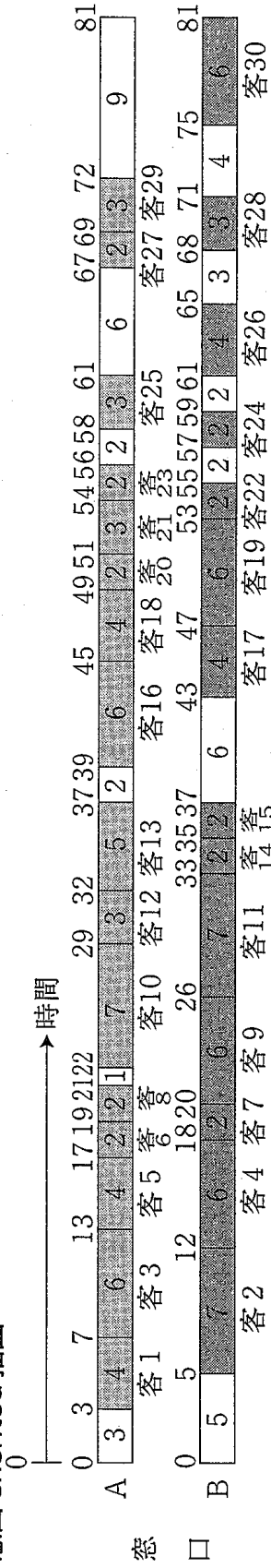


図3-2

窓口二つの場合

窓口 oriented 描画



お客 oriented 描画

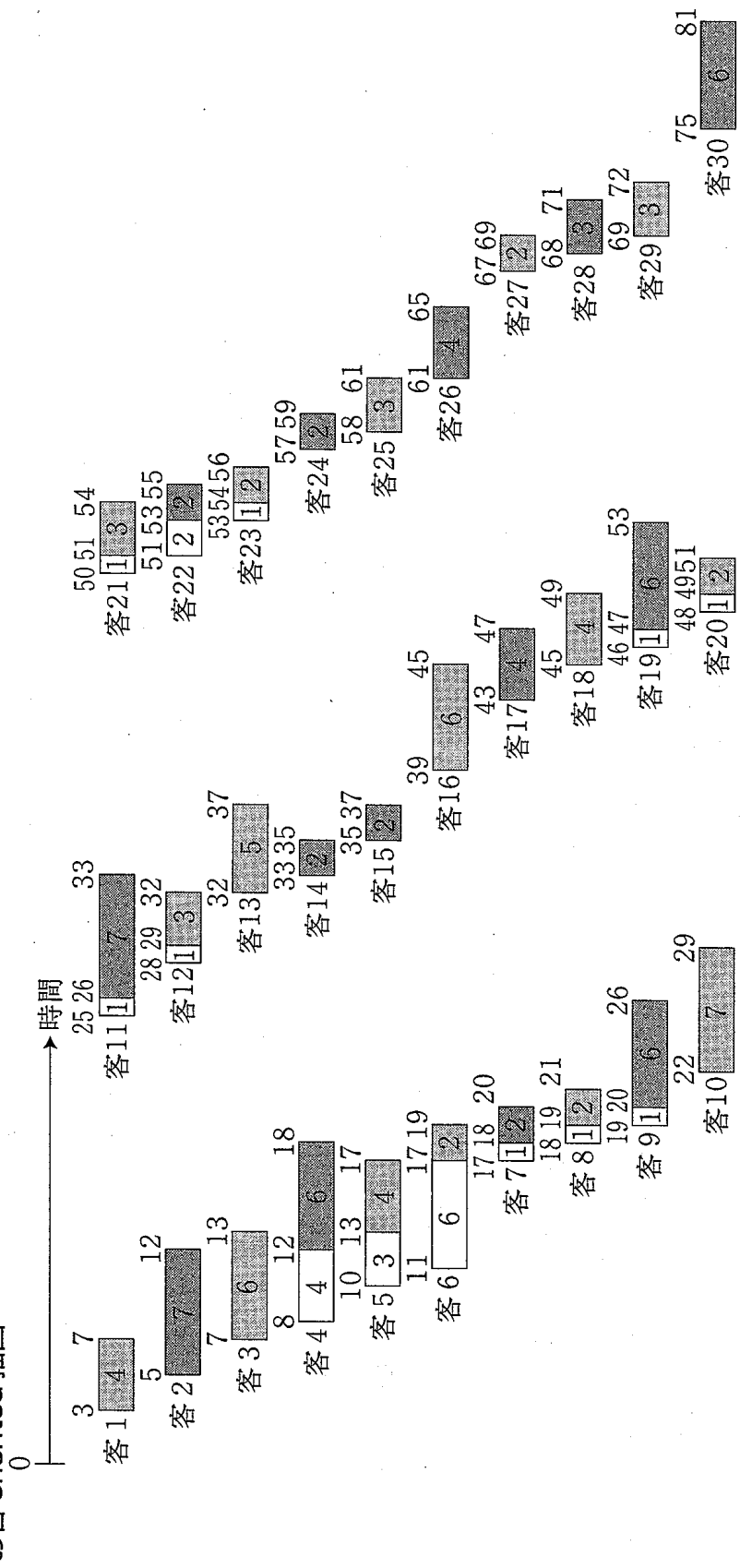


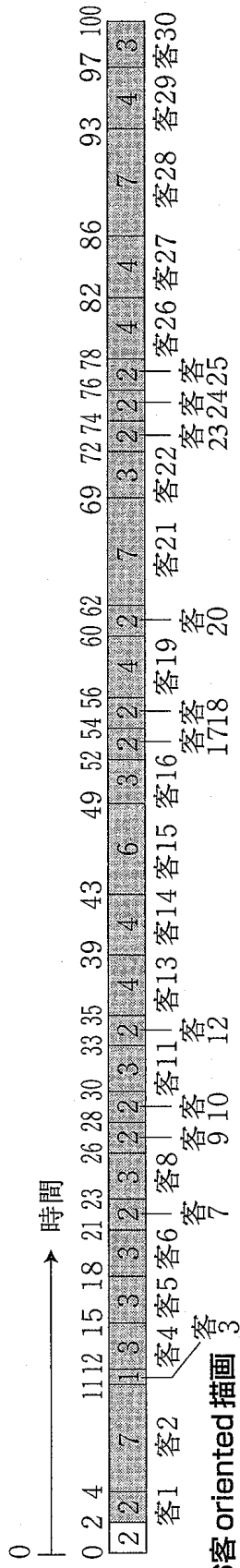
表 3-2

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
2	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
3	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
4	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
5	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
6	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
7	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
8	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
9	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
10	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
11	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
12	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
13	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
14	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
15	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
16	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
17	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
18	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
19	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
20	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
21	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
22	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
23	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
24	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
25	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
26	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
27	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
28	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
29	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
30	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
31	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
32	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
33	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
34	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
35	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
36	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				
37	サービス窓口のシミュレーション (モンテカルロ法)																				

図3-3

窓口一つの場合

窓口 oriented 描画



お客 oriented 描画

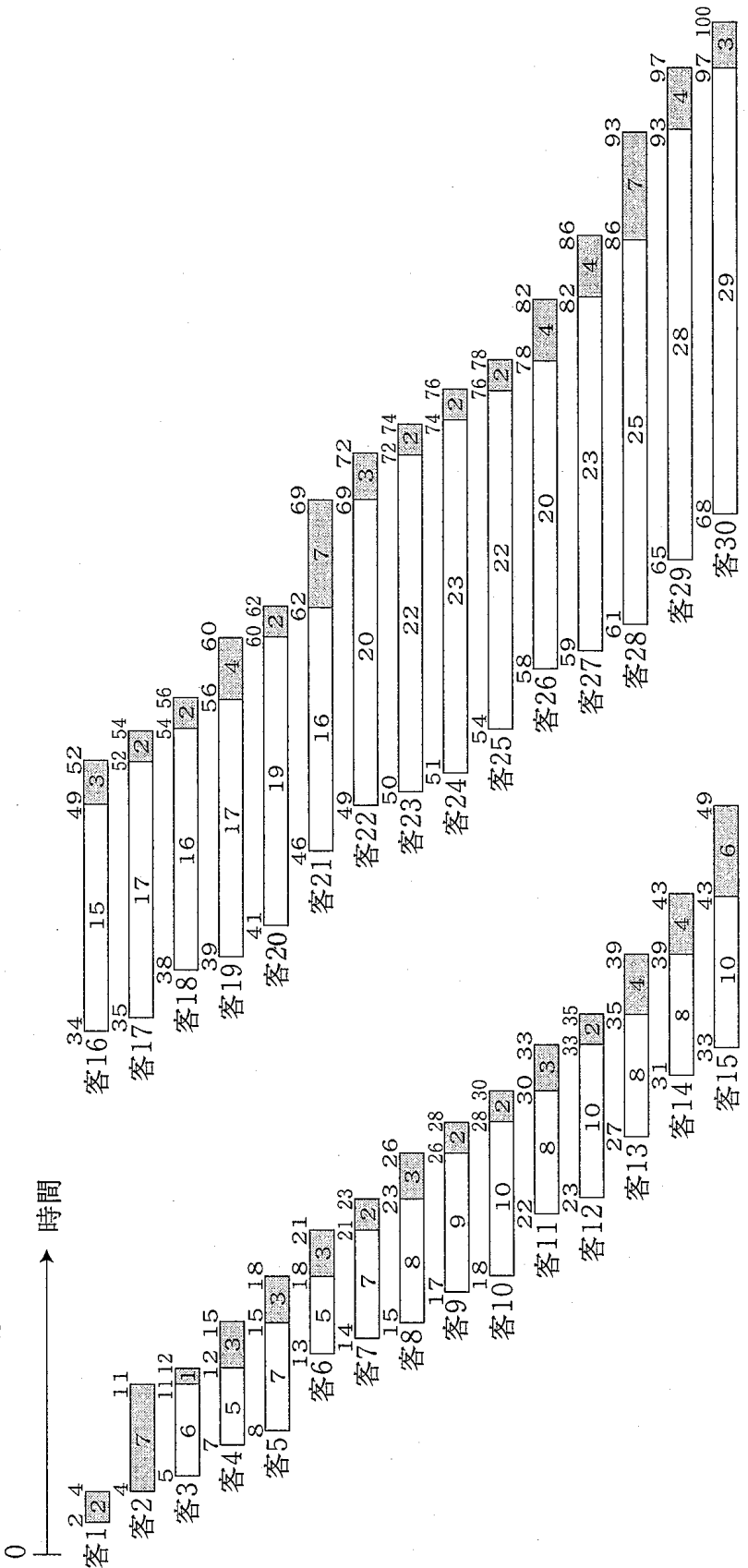
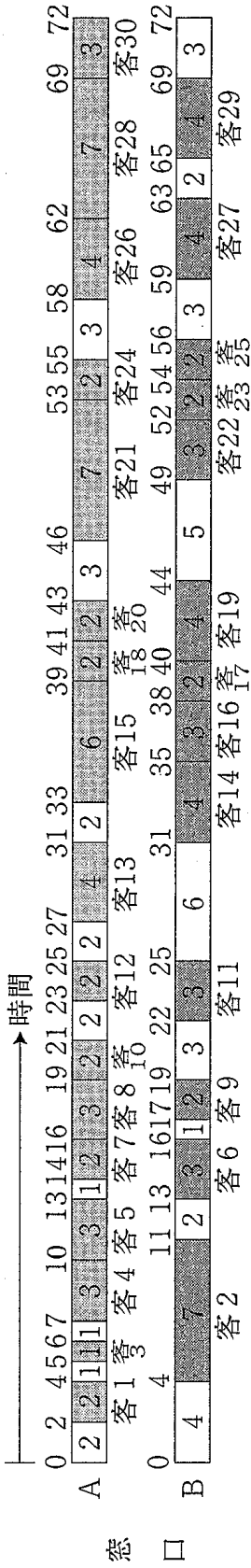


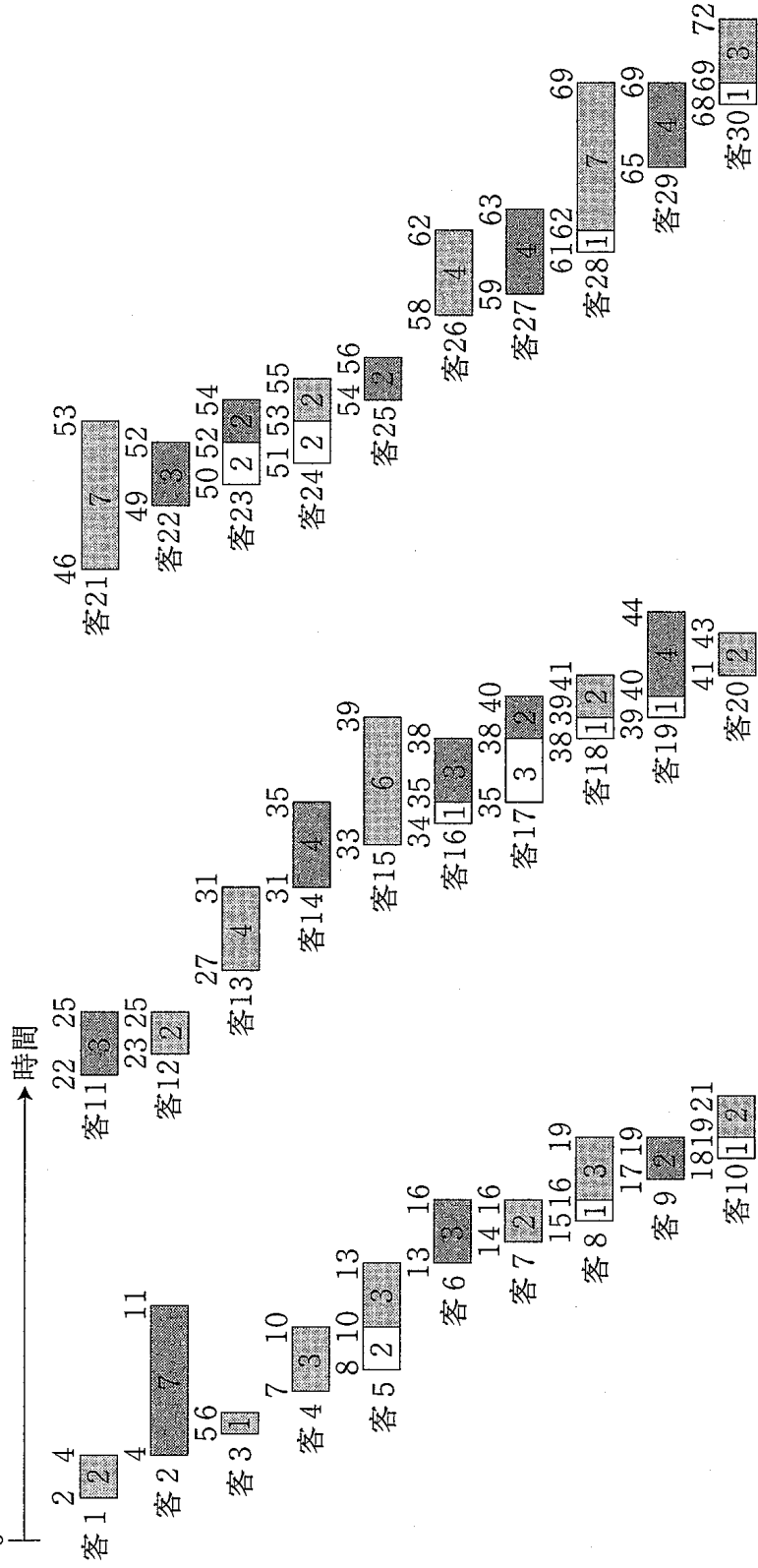
図 3-4

窓口二つの場合

窓口 oriented 描画



お客 oriented 描画



の場合それぞれに描画している。表2-2で描画されているものは、したがって、本稿の言い方では、【窓口二つの場合】の「窓口 oriented 描画」に該当する。

実行に当たっては、【窓口一つの場合】【窓口二つの場合】【窓口一つの場合と窓口二つの場合】と選択して実行・描画できるようになっている。

【窓口一つの場合と窓口二つの場合】を実行すれば、お客の到着時間、サービス時間ともに同一の条件の下でのシミュレーション結果を得ることになり、窓口数の違いのみから生じる結果比較が可能となる。

図3-1および図3-2は、表3-1のシミュレーション結果を描画したガントチャートであり、図3-3および図3-4は、表3-2のそれである。なお、今一つ補足すれば、お客 oriented の描画方法であるが、描画スペースの都合から、窓口一つの場合は、お客が15人で、また窓口二つの場合はお客が10人で折り返し表示して描画していることをお断りしておく。

以下では、ガントチャートが上で取り決めたルール通りに描かれているか、特に現実感覚とは違う不自然なところがないか、簡単にチェックしておこう。特に注目は、窓口が二つの場合であり、上の【A】~【F】までのルールに当てはまっているか、また不自然さはないか、である。図3-2のお客 oriented 描画で見ると、客1は窓口Aに入り、客2は窓口Bに入っており、これらは、ルール【A】【B】通りであり、ここは特に問題になるところではない。客3は、到着時刻7分であり、この時ちょうど窓口Aが空いたので窓口Aに入っている。これはルール【C】の適用と言ってよかろう。同様の、到着と同時に入室できるケースとして、客14がそうであり、ここでは空いた窓口Bに入っている。ルール【C】の典型例としては、客10および客17がそうであり、到着時点で片方のみの窓口が空いており、前者は空いている窓口Aに、また後者は窓口Bに入っている。客4は、到着時刻の8分では、両方の窓口が塞がっているが、待機し4分待って12分になり、窓口Bが空き、そこに入っている。これはルール【D】の適用である。また客5は、到着時刻の10分において、両方の

窓口が塞がっており、ルール【D】の適用対象事例となるが、ところで、時刻12分になり、(客4のみならず)本客5においても、今空いた窓口Bに入室可能であるが、まだ入らず待機する。というのは、先に到着したのは客4であるのでこちらに優先権があることになり、上でみたように、客4が窓口Bに入る。客5はさらに暫く待って13分になって今度は、窓口Aが空いたので、窓口Aに入る。これは不自然な振る舞いでない。むしろ全く妥当であり、ルール【D】の適用事例としてよかろう。ルール【F】の適用事例としては、客24および客27において見られる。客24は、到着時刻の57分で、この時点で両方の窓口が空いているが、先に空いた窓口Bに優先権があるので、窓口Bに入る。また客27は、今度は、先に空いている窓口Aに入っている。

ルール【E】については、図3-4において見られる。客8は、到着時刻の15分で、両方の窓口が詰まっているが、1分待って時刻16分になって両窓口が同時に空き、ルール【E】に従って、窓口Aに入る。客10のケースも全く同様である。

以上みてきたように、お客の窓口入室の振る舞い・有り様は全く自然であり、妥当であると思われる。以上のチェックを通じ、本プログラムの debug の役目もかなりの部分果たせたことになるのではないか。

IV プログラムリスト

以下、プログラミング言語 VBA による、ガントチャート描画作成のプログラムリストを掲げておく。なお、リスト左側にある行番号は、説明の都合から後で付けたものであり、全く便宜的なものであることを断っておく。

10 Option Explicit

20 ' VBA 作成日：2003/9/9 ユーザー名：石田 徳孝

30 Public I As Integer

40 Public 描画 oriented 判定 As Integer

- 50
60 Public セルの入室時刻 As Integer
70 Public セルの退出時刻 As Integer
80 Public セルのお客番号 As Integer
90 Public セルの到着時刻 As Integer
100
110 Public 色インデックス As Integer, 色塗り As Integer
120
130 Public 時間 As Integer
140 Public 空き時間 As Integer, 待ち時間 As Integer
150 Public 直前の終了時刻 As Integer, 最終時刻 As Integer
160
170 Public 開始横位置 As Integer, 開始縦位置 As Integer
180 Public 窓口開始縦位置初期値 As Integer, お客開始縦位置初期値 As Integer
190
200 Public 横倍率 As Integer
210 Public 矩形長さ As Integer, 矩形高さ As Integer
220
230 Public 段 As Integer, 段間隔 As Integer
240
250 Public α As Integer, β As Integer
260
270 Public 窓口 A との相対位置 As Integer
280 Public 窓口 A 窓口 B 距離差 As Integer
290 Public 窓口 oriented お客 oriented 距離差 As Integer
300
310 Public 何々 oriented 描画 As String


```
320 Public お客番号 As String
330 Public 時刻 As String
340 Public サービス時間 As String
350


---


360
370 Sub 描画クリアとフォント初期化()
380 Range("A1").Select
390 ActiveSheet.Shapes.SelectAll
400 Selection.Delete
410
420 Range("B5:B34, E5:E34, L5:M34, Q5:T34").Select
430 Selection.Font.ColorIndex= 1
440 Range("A1").Select
450 End Sub
460


---


470
480 Sub 共通初期値設定()
490     横倍率=15           '既定値=15
500     矩形高さ=20       '既定値=20
510      $\alpha$ =60           '既定値=60 (時刻座標軸 0 までの左余白)
520     段間隔=30         '既定値=30
530
540     窓口開始縦位置初期値=650           '既定値=650
550 End Sub
560


---


570
580 Sub 窓口 1 のみ()
```

200

590 描画クリアとフォント初期化 'Sub プロシージャ
600
610 共通初期値設定 'Sub プロシージャ
620
630 窓口 oriented お客 oriented 距離差=100 '既定値=100
640
650 Calculate
660 窓口1 ガントチャート描画 'Sub プロシージャ
670
680 End Sub
690

700

710 Sub 窓口2のみ()
720 描画クリアとフォント初期化 'Sub プロシージャ
730
740 共通初期値設定 'Sub プロシージャ
750
760 窓口A 窓口B 距離差=60 '既定値=60
770 窓口 oriented お客 oriented 距離差=170 '既定値=170
780
790 Calculate
800 窓口2 ガントチャート描画 'Sub プロシージャ
810
820 End Sub
830

840

850 Sub 窓口1 および窓口2()

```
860   窓口 1 のみ           'Sub プロシージャ
870
880   窓口開始縦位置初期値=1300           '既定値=1300
890   窓口 A 窓口 B 距離差=60           '既定値=60
900   窓口 oriented お客 oriented 距離差=170           '既定値=170
910
920   窓口 2 ガントチャート描画           'Sub プロシージャ
930
940   End Sub
950
-----
960
970   Sub 窓口 1 ガントチャート描画()
980     開始縦位置=窓口開始縦位置初期値
990     標題描画 1           'Sub プロシージャ
1000
1010    Range("E4").Select
1020    窓口 1 窓口 oriented 描画           'Sub プロシージャ
1030
1040    Range("E4").Select
1050    窓口 1 お客 oriented 描画           'Sub プロシージャ
1060
1070   End Sub
1080
-----
1090
1100   Sub 窓口 1 窓口 oriented 描画()
1110     描画 oriented 判定= 1
1120
```

1130 何々 oriented 描画="窓口 oriented 描画"

1140 標題描画 3 'Sub プロシージャ

1150

1160 時間軸描画 'Sub プロシージャ

1170

1180 窓口 1 描画 'Sub プロシージャ

1190

1200 End Sub

1210

1220

1230 Sub 窓口 1 描画()

1240 色塗り = 45

1250 開始縦位置 = 窓口開始縦位置初期値

1260 直前の終了時刻 = 0

1270

1280 ガントチャート描画 'Sub プロシージャ

1290

1300 End Sub

1310

1320

1330 Sub 窓口 1 お客 oriented 描画()

1340 描画 oriented 判定 = 2

1350

1360 お客開始縦位置初期値 = 窓口開始縦位置初期値 + 窓口 oriented お客 oriented 距離差

1370 開始縦位置 = お客開始縦位置初期値 + 1 * 段間隔

1380

1390 何々 oriented 描画="お客 oriented 描画"

```
1400  標題描画 3                'Sub プロシージャ
1410
1420  時間軸描画                'Sub プロシージャ
1430
1440  ガントチャート描画        'Sub プロシージャ
1450
1460  End Sub
1470


---


1480
1490  Sub ガントチャート描画()
1500
1510  For I= 1 To 30
1520      セルのお客番号=ActiveCell.Offset(1, -3).Value
1530      セルの到着時刻=ActiveCell.Offset(1, 0).Value
1540      セルの入室時刻=ActiveCell.Offset(1, 3).Value
1550      セルの退出時刻=ActiveCell.Offset(1, 4).Value
1560
1570
1580
1590      Select Case 描画 oriented 判定
1600          Case Is= 1
1610              窓口 1 oriented ガントチャート描画 'Sub プロシージャ
1620          Case Is= 2
1630              お客 1 oriented ガントチャート描画 'Sub プロシージャ
1640      End Select
1650
1660  Next
```

1670

1680

1690 If 描画 oriented 判定 = 1 Then

1700 最終時刻 = Range("I34").Value

1710 時間軸の最終時刻の表示 'Sub プロシージャ

1720

1730 End If

1740

1750 Range("A1").Select

1760 End Sub

1770

1780

1790 Sub 窓口 1 oriented ガントチャート描画()

1800

1810 If 直前の終了時刻 = セルの入室時刻 Then

1820

1830 サービス時間描画 'Sub プロシージャ

1840

1850 お客番号の表示 'Sub プロシージャ

1860

1870 'このお客の退出時刻を、次のお客にとっての直前のお客のサービス終了時刻として格納

1880 直前の終了時刻 = セルの退出時刻

1890

1900 Else

1910

1920 'このお客の直前の空き時間を計算

1930 時間 = セルの入室時刻 - 直前の終了時刻

```
1940          空き時間の描画          'Sub プロシージャ
1950
1960          サービス時間描画        'Sub プロシージャ
1970
1980          お客番号の表示          'Sub プロシージャ
1990
2000          'このお客の退出時刻を、次のお客にとっての直前のお客のサービス終了時刻として格納
2010          直前の終了時刻=セルの退出時刻
2020
2030  End If
2040
2050 End Sub
2060


---


2070
2080 Sub お客 1 oriented ガントチャート描画()
2090   ' お客の描画人数を15人単位で描画して、折り返し
2100   段=セルのお客番号 Mod 15
2110   If 段= 0 Then 段=15
2120
2130   ' 上の「段=セルのお客番号」に基づき、1番目のお客の描画縦位置を計算
2140   開始縦位置=お客開始縦位置初期値+段*段間隔
2150
2160   If セルの到着時刻=セルの入室時刻 Then
2170       ' お客番号描画
2180       開始横位置=セルの入室時刻*横倍率+(α-45)
2190       お客番号の描画          'Sub プロシージャ
2200
```

206

2210

" サービス中の時間を描画

2220

お客 oriented サービス時間描画

'Sub プロシージャ

2230

2240

Else

2250

" お客番号を描画

2260

開始横位置=セルの到着時刻*横倍率+($\alpha-45$)

2270

お客番号の描画

'Sub プロシージャ

2280

2290

" 待ち時間記入のための計算

2300

開始横位置=セルの到着時刻*横倍率+ α

2310

時間=セルの入室時刻-セルの到着時刻

2320

2330

お客待ち時間描画

'Sub プロシージャ

2340

2350

" サービス中の時間を描画

2360

お客 oriented サービス時間描画

'Sub プロシージャ

2370

2380

End If

2390

2400

End Sub

2410

2420

2430 Sub 窓口2 ガントチャート描画()

2440

開始縦位置=窓口開始縦位置初期値

2450

2460

標題描画 2

'Sub プロシージャ

2470

2480 窓口 2 oriented 描画 'Sub プロシージャ
2490
2500 お客 2 oriented 描画 'Sub プロシージャ
2510
2520 End Sub
2530

2540
2550 Sub 窓口 2 oriented 描画()
2560 描画 oriented 判定 = 1
2570 何々 oriented 描画 = "窓口 oriented 描画"
2580
2590 標題描画 3 'Sub プロシージャ
2600
2610 時間軸描画 'Sub プロシージャ
2620
2630 A および B の記入 'Sub プロシージャ
2640
2650 窓口の記入 'Sub プロシージャ
2660
2670 窓口 A 描画 'Sub プロシージャ
2680
2690 窓口 B 描画 'Sub プロシージャ
2700
2710 End Sub
2720

2730
2740 Sub 窓口 A 描画のための定数値設定()

2750 Range("Q4").Select

2760 窓口 A との相対位置 = 0

2770 色インデックス = 3

2780 色塗り = 13

2790 End Sub

2800

2810

2820 Sub 窓口 A 描画()

2830 窓口 A 描画のための定数値設定 'Sub プロシージャ

2840

2850 開始縦位置 = 窓口開始縦位置初期値

2860 直前の終了時刻 = 0

2870

2880 入退出時刻算出とガントチャート描画 'Sub プロシージャ

2890

2900 End Sub

2910

2920

2930 Sub 窓口 B 描画のための定数値設定()

2940 Range("S5").Select

2950 窓口 A との相対位置 = 2

2960 色インデックス = 5

2970 色塗り = 15

2980 End Sub

2990

3000

3010 Sub 窓口 B 描画()

3020 窓口 B 描画のための定数値設定 'Sub プロシージャ
3030
3040 開始縦位置=窓口開始縦位置初期値+窓口 A 窓口 B 距離差
3050 直前の終了時刻= 0
3060
3070 入退出時刻算出とガントチャート描画 'Sub プロシージャ
3080
3090 End Sub
3100

3110
3120 Sub お客 2 oriented 描画()
3130 描画 oriented 判定= 2
3140
3150 お客開始縦位置初期値=窓口開始縦位置初期値+窓口 oriented お客 oriented 距離差
3160 + (窓口 A 窓口 B 距離差-60)
3170 開始縦位置=お客開始縦位置初期値+ 1 * 段間隔
3180
3190 何々 oriented 描画="お客 oriented 描画"
3200 標題描画 3 'Sub プロシージャ
3210
3220 時間軸描画 'Sub プロシージャ
3230
3240 段= 0
3250 お客 oriented 窓口 A 描画 'Sub プロシージャ
3260
3270 段= 0
3280 お客 oriented 窓口 B 描画 'Sub プロシージャ

210

3290

3300 End Sub

3310

3320

3330 Sub お客 oriented 窓口 A 描画()

3340 窓口 A 描画のための定数値設定 'Sub プロシージャ

3350

3360 入退出時刻算出とガントチャート描画 'Sub プロシージャ

3370

3380 End Sub

3390

3400

3410 Sub お客 oriented 窓口 B 描画()

3420 窓口 B 描画のための定数値設定 'Sub プロシージャ

3430

3440 入退出時刻算出とガントチャート描画 'Sub プロシージャ

3450

3460 End Sub

3470

3480

3490 Sub 入退出時刻算出とガントチャート描画()

3500

3510 Do

3520

3530 I = 0

3540

3550 Do

```
3560         I = I + 1
3570     Loop While ActiveCell.Offset.Value = ActiveCell.Offset(I, 0).Value
3580
3590
3600     If ActiveCell.Offset(I-1, -15-窓口 A との相対位置).Value=30 Then Exit Do
3610
3620
3630     セルの入室時刻=ActiveCell.Offset(I, 0).Value
3640     セルの退出時刻=ActiveCell.Offset(I, 1).Value
3650     セルの到着時刻=ActiveCell.Offset(I, -12-窓口 A との相対位置).Value
3660     セルのお客番号=ActiveCell.Offset(I, -15-窓口 A との相対位置).Value
3670
3680     ActiveCell.Offset(I, 0).Font.ColorIndex=色インデックス
3690     ActiveCell.Offset(I, 1).Font.ColorIndex=色インデックス
3700     ActiveCell.Offset(I, -4-窓口 A との相対位置).Font.ColorIndex=色インデックス
3710     ActiveCell.Offset(I, -5-窓口 A との相対位置).Font.ColorIndex=色インデックス
3720     ActiveCell.Offset(I, -12-窓口 A との相対位置).Font.ColorIndex=色インデックス
3730     ActiveCell.Offset(I, -15-窓口 A との相対位置).Font.ColorIndex=色インデックス
3740
3750
3760     ActiveCell.Offset(I, 0).Select
3770
3780
3790
3800     Select Case 描画 oriented 判定
3810         Case Is= 1
3820             窓口 2 oriented ガントチャート描画 'Sub プロシージャ
```

212

松山大学論集 第15巻 第2号

3830

Case Is= 2

3840

お客2 oriented ガントチャート描画 'Sub プロシージャ

3850

End Select

3860

3870

3880

Loop

3890

3900

If 描画 oriented 判定= 1 Then エンド処理の描画 'Sub プロシージャ

3910

3920

Range("A1").Select

3930

End Sub

3940

3950

3960

Sub 窓口2 oriented ガントチャート描画()

3970

3980

If 直前の終了時刻=セルの入室時刻 Then サービス時間描画 'Sub プロシージャ

3990

4000

4010

お客番号の表示

'Sub プロシージャ

4020

4030

'このお客の退出時刻を、次のお客にとっての直前のお客のサービス終了時刻として格納

4040

直前の終了時刻=セルの退出時刻

4050

4060

Else

4070

4080

'このお客の直前の空き時間を計算

4090

時間=セルの入室時刻-直前の終了時刻

```
4100      空き時間の描画      'Sub プロシージャ
4110
4120      サービス時間描画      'Sub プロシージャ
4130
4140      お客様番号の表示      'Sub プロシージャ
4150
4160      'このお客様の退出時刻を、次のお客様にとっての直前のお客様のサービス終了時刻として格納
4170      直前の終了時刻=セルの退出時刻
4180
4190      End If
4200
4210      End Sub
4220


---


4230
4240      Sub お客様2 oriented ガントチャート描画()
4250      'お客様の描画人数を10人単位で描画して、折り返し
4260      段=セルのお客様番号 Mod 10
4270      If 段= 0 Then 段=10
4280
4290      '上の「段=セルのお客様番号」に基づき、1番目のお客様の描画縦位置を計算
4300      開始縦位置=お客様開始縦位置初期値+段*段間隔
4310
4320      If セルの到着時刻=セルの入室時刻 Then
4330          'お客様番号を描画
4340          開始横位置=セルの入室時刻*横倍率+(α-45)
4350          お客様番号の描画      'Sub プロシージャ
4360
```

```
4370      " サービス中の時間を描画
4380      お客 oriented サービス時間描画          'Sub プロシージャ
4390
4400  Else
4410      " お客番号を描画
4420      開始横位置=セルの到着時刻*横倍率+( $\alpha-45$ )
4430      お客番号の描画                          'Sub プロシージャ
4440
4450      " 待ち時間を記入
4460      開始横位置=セルの到着時刻*横倍率+ $\alpha$ 
4470      時間=セルの入室時刻-セルの到着時刻
4480
4490      お客待ち時間描画                          'Sub プロシージャ
4500
4510      " サービス中の時間を描画
4520      お客 oriented サービス時間描画          'Sub プロシージャ
4530
4540  End If
4550
4560  End Sub
4570


---


4580
4590  Sub サービス時間描画()
4600      " サービス中を矩形で描画
4610      開始横位置=セルの入室時刻*横倍率+ $\alpha$ 
4620      時間=セルの退出時刻-セルの入室時刻
4630      矩形長さ=時間*横倍率
```



```
4640 ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeRectangle, __
      開始横位置, 開始縦位置, 矩形長さ, 矩形高さ).Select
4650
4660 " サービス時間を矩形の中に記入
4670 サービス時間=Str(時間)
4680 Selection.Characters.Text=サービス時間
4690 " フォント書式(通常のフォント書式および中央揃え等)
4700 フォント書式1 'Sub プロシージャ
4710
4720 " サービス中を色塗りつぶし
4730 Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor=色塗り
4740
4750 " サービス開始時刻の表示
4760 時刻=Str(セルの入室時刻)
4770 時刻の表示 'Sub プロシージャ
4780
4790 End Sub
4800


---


4810
4820 Sub お客番号の表示()
4830 " 窓口 oriented 描画の場合, サービス時間矩形直下, 同一長さ矩
      形(ただし外枠非表示)内に表示するお客番号
4840 " お客番号の記入位置の位置決め
4850 開始横位置=セルの入室時刻*横倍率+α
4860 ActiveSheet.Shapes.AddTextbox(mso Text Orientation Horizontal, __
      開始横位置, 開始縦位置+18, 矩形長さ, 矩形高さ+5).Select
4870
4880
```

```
4890      お客様番号="客"+Str(セルのお客様番号)
4900      Selection.Characters.Text=お客様番号
4910      ' フォント書式(中央揃え等, 外枠非表示・塗りつぶしナシ)
4920      フォント書式2                                'Sub プロシージャ
4930
4940      End Sub
4950


---


4960
4970      Sub 空き時間の描画()
4980          ' このお客様の直前の空時間を矩形で描画
4990          開始横位置=直前の終了時刻*横倍率+α
5000          矩形長さ=時間*横倍率
5010          ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeRectangle, __
              開始横位置, 開始縦位置, 矩形長さ, 矩形高さ).Select
5020
5030          ' 空き時間を記入
5040          空き時間=Str(時間)
5050          Selection.Characters.Text=空き時間
5060          ' フォント書式(通常のフォント書式および中央揃え等)
5070          フォント書式1                                'Sub プロシージャ
5080
5090          ' 空き開始時刻の表示
5100          時刻=Str(直前の終了時刻)
5110          時刻の表示                                'Sub プロシージャ
5120
5130      End Sub
5140
```

```
5150
5160 Sub エンド処理の描画()
5170     ' 時間軸の最終時刻の選定
5180     最終時刻=WorksheetFunction.Max(Range("R34").Value, Range("T34").Value)
5190
5200     If 直前の終了時刻<最終時刻 Then
5210         エンド空き時間の描画                                'Sub プロシージャ
5220
5230     Else
5240         時間軸の最終時刻の表示                                'Sub プロシージャ
5250
5260     End If
5270
5280 End Sub
5290


---


5300
5310 Sub エンド空き時間の描画()
5320     時間=最終時刻一直前の終了時刻
5330     空き時間の描画                                'Sub プロシージャ
5340
5350     時間軸の最終時刻の表示                                'Sub プロシージャ
5360
5370 End Sub
5380


---


5390
5400 Sub 時間軸の最終時刻の表示()
5410     時刻=Str(最終時刻)
```

5420 開始横位置=最終時刻*横倍率+ α

5430

5440 時刻の表示

'Sub プロシージャ

5450

5460 End Sub

5470

5480

5490 Sub お客様番号の描画()

5500 ' お客様 oriented 描画の場合、矩形描画の直前・左に表示するお客様番号

5510 ' お客様番号描画のため矩形で位置決め

5520 ActiveSheet.Shapes.AddTextbox(msoTextOrientationHorizontal, _

5530 開始横位置, 開始縦位置, 50, 矩形高さ).Select

5540

5550 お客様番号="客"+Str(セルのお客様番号)

5560 Selection.Characters.Text=お客様番号

5570 ' フォント書式(中央揃え等, 外枠非表示・塗りつぶしナシ)

5580 フォント書式 2

'Sub プロシージャ

5590

5600 With Selection.Characters.Font

5610 .Size=12

5620 End With

5630 End Sub

5640

5650

5660 Sub お客様 oriented サービス時間描画()

5670 サービス時間描画

'Sub プロシージャ

5680

```
5690   ' サービス終了時刻の表示
5700   時刻=Str(セルの退出時刻)
5710   開始横位置=セルの退出時刻*横倍率+α
5720   時刻の表示                               'Sub プロシージャ
5730
5740 End Sub
5750


---


5760
5770 Sub お客待ち時間描画()
5780   ' 待ち時間を矩形で描画
5790   矩形長さ=時間*横倍率
5800   ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeRectangle, _
      開始横位置, 開始縦位置, 矩形長さ, 矩形高さ).Select
5810
5820   ' 待ち時間を表示
5830   待ち時間=Str(時間)
5840   Selection.Characters.Text=待ち時間
5850   ' フォント書式(通常のフォント書式および中央揃え等)
5860   フォント書式 1                               'Sub プロシージャ
5870
5880   ' 待ち開始時刻を表示
5890   時刻=Str(セルの到着時刻)
5900   開始横位置=セルの到着時刻*横倍率+α
5910   時刻の表示                               'Sub プロシージャ
5920
5930 End Sub
5940
```

5950

5960 Sub 時刻の表示()

5970 "時刻の記入のため矩形で位置決め

5980 開始横位置=開始横位置-9

5990 ActiveSheet.Shapes.AddTextbox(msoTextOrientationHorizontal, __

6000 開始横位置, 開始縦位置-13, 30, 30).Select

6010

6020 Selection.Characters.Text=時刻

6030 "フォント書式3(上詰め・左詰め, 外枠非表示・塗りつぶしなし)

6040 フォント書式3 'Sub プロシージャ

6050

6060 End Sub

6070

6080

6090 Sub フォント書式1()

6100 With Selection.Characters.Font

6110 .Name="MS P ゴシック"

6120 .FontStyle="標準"

6130 .Size=10

6140 End With

6150

6160 "中央揃え

6170 With Selection

6180 .HorizontalAlignment = xlCenter

6190 .VerticalAlignment = xlCenter

6200 End With

6210 End Sub

6220

6230

6240 Sub フォント書式 2 ()

6250 フォント書式 1

'Sub プロシージャ

6260

6270 " 外枠非表示, 塗りつぶしなし

6280 Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoFalse

6290 Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoFalse

6300 End Sub

6310

6320

6330 Sub フォント書式 3 ()

6340 With Selection.Font

6350 .Name="MS P ゴシック"

6360 .FontStyle="標準"

6370 .Size=11

6380 End With

6390

6400 " 外枠非表示, 塗りつぶしなし

6410 Selection.ShapeRange.Fill.Visible = msoFalse

6420 Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoFalse

6430 End Sub

6440

6450

6460 Sub 標題描画 1 ()

6470 " "窓口 1 つの場合" と記入するため位置決めし, 描画

6480 ActiveSheet.Shapes.AddTextEffect(msoTextEffect9, "窓口 1 つの場合", _

6490 "MS P ゴシック", 35, msoFalse, msoFalse, 20, 開始縦位置-110).Select

6500 End Sub

6510

6520

6530 Sub 標題描画 2 ()

6540 " "窓口 2 つの場合"と記入するため位置決めし, 描画

6550 ActiveSheet.Shapes.AddTextEffect(msoTextEffect9, "窓口 2 つの場合", _

6560 "MS P ゴシック", 35, msoFalse, msoFalse, 20, 開始縦位置-110).Select

6570 End Sub

6580

6590

6600 Sub 標題描画 3 ()

6610 " 「窓口 oriented 描画」あるいは「お客 oriented 描画」と表示

6620 ActiveSheet.Shapes.AddTextEffect(msoTextEffect1, 何々 oriented 描画, _

6630 "MS P ゴシック", 22, msoFalse, msoFalse, 20, 開始縦位置-70).Select

6640 Selection.ShapeRange.Fill.ForeColor.SchemeColor=35

6650 End Sub

6660

6670

6680 Sub 時間軸描画()

6690 " 「窓口 oriented 描画」および「お客 oriented 描画」の際に表示する時間軸描画

6700 ActiveSheet.Shapes.AddLine(α , 開始縦位置-35, α , 開始縦位置-21).Select

6710

6720 ActiveSheet.Shapes.AddLine(α , 開始縦位置-28, 300, 開始縦位置-28).Select

6730 Selection.ShapeRange.Line.EndArrowheadStyle = msoArrowheadTriangle

6740

6750 ActiveSheet.Shapes.AddTextbox(msoTextOrientationHorizontal, _


```
6760   α+235, 開始縦位置-53, 50, 50).Select
6770   Selection.Characters.Text="時 間"
6780
6790   ' フォント書式(中央揃え等, 外枠非表示等)
6800   フォント書式 2                                'Sub プロシージャ
6810
6820   時刻=Str(0)
6830   開始横位置=α
6840   開始縦位置=開始縦位置-35
6850   時刻の表示                                    'Sub プロシージャ
6860
6870 End Sub
6880


---


6890
6900 Sub A および B の記入()
6910
6920   For I= 0 To 1
6930
6940       I = I* 窓口 A 窓口 B 距離差
6950
6960       ActiveSheet.Shapes.AddTextbox(msoTextOrientationHorizontal,_
6970       α-30, 開始縦位置+29+I, 30, 30).Select
6980       Selection.Characters.Text="A"
6990       If I=窓口 A 窓口 B 距離差 Then Selection.Characters.Text="B"
7000
7010   ' フォント書式(中央揃え等, 外枠非表示等)
7020   フォント書式 2                                'Sub プロシージャ
```

```
7030      With Selection.Characters.Font
7040          .Size=12
7050          .FontStyle="太字"
7060      End With
7070
7080 Next
7090
7100 End Sub
7110


---


7120
7130 Sub 窓口の記入()
7140     "窓 口"と縦書き記入する。β は微調整用
7150     β=(窓口 A 窓口 B 距離差-60)/2
7160     ActiveSheet.Shapes.AddTextbox(msoTextOrientationVerticalFarEast,_
7170     α-50, 開始縦位置+37+β, 30, 75).Select
7180     Selection.Characters.Text="窓 口"
7190
7200 'フォント書式(中央揃え等, 外枠非表示等)
7210     フォント書式 2                                'Sub プロシージャ
7220     With Selection.Characters.Font
7230         .Size=12
7240         .FontStyle="太字"
7250     End With
7260 End Sub
7270
```

V 若干の解説

ガントチャート描画においては、サービス時間、待ち時間、空時間等の描画部分は、オートシェプの四角形を用いており、開始、終了の時刻から算出して矩形長さとし、描画している。また、窓口 oriented 描画の際のお客番号や、さらにお客 oriented 描画の際のお客番号の記入は、テキストボックスを用いて描画している。

上で述べたように、窓口一つの場合、そのみを描画するには、行番号 580 からの Sub プロシージャを実行し、また窓口二つの場合、そのみを描画するには、行番号 710 からの Sub プロシージャを実行する。また、窓口一つの場合、窓口二つの場合共に描画するには、行番号 850 の Sub プロシージャを実行する。これらは、一種のメインルーチンであり、いわば司令塔であるが、見てのとおり、ほんの数行からなるプログラムにしか過ぎない。それぞれ主たる業務は、個別のプログラム (Sub プロシージャ) に引き渡されて、全体として統合されて一つのまとまった仕事をするという仕組みとなっている。

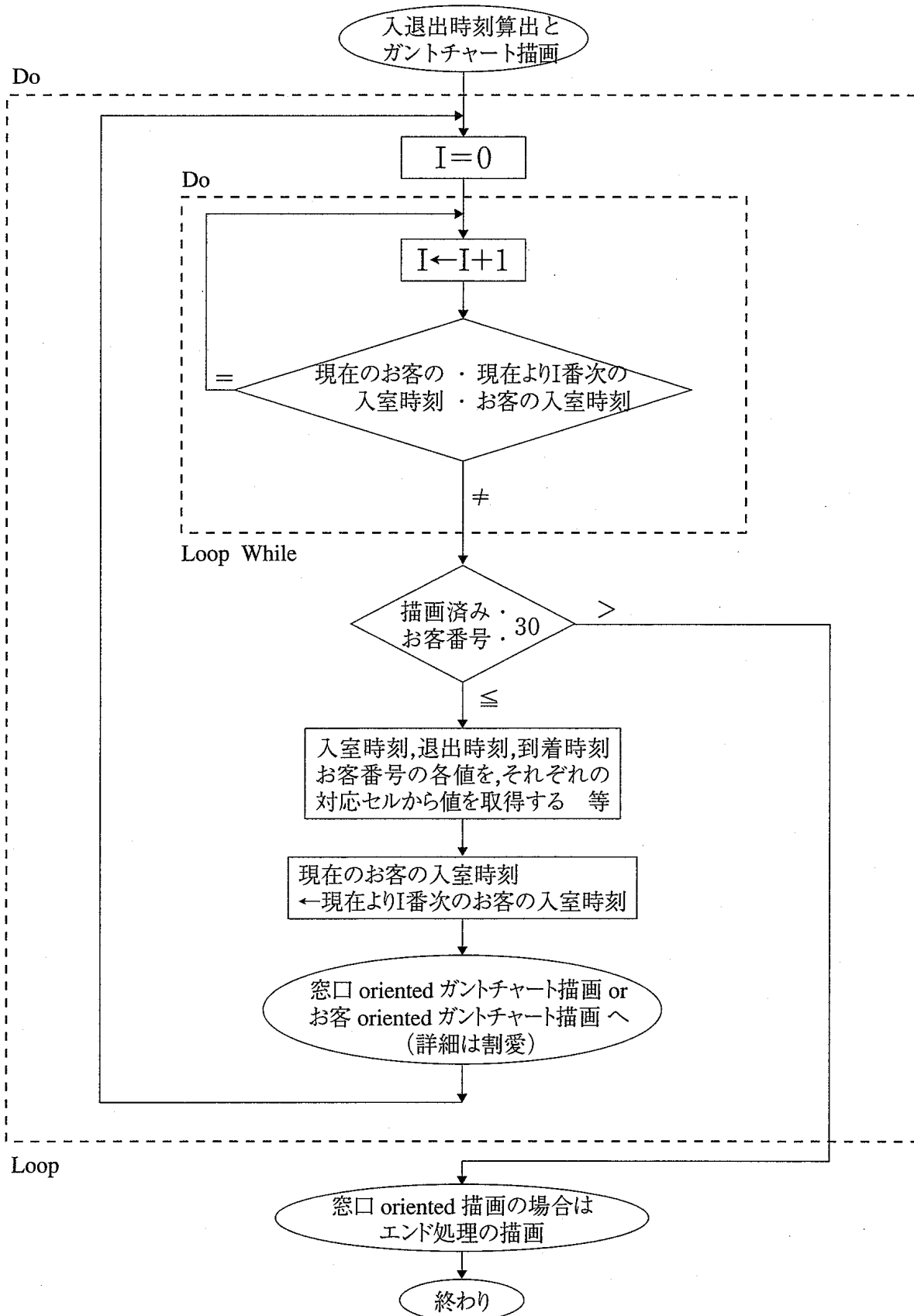
本稿のプログラミングに際し、窓口一つの場合の描画は、左程困難さはなかろうかと思われる。が、窓口二つの場合については、あるいは少々の壁となって立ちあがるかも知れない。つまり、到着したお客は、どの窓口—つまり、窓口 A または窓口 B—に入るか、である。これが本プログラムの核心部分であろうと思われるので、以下この解説を少しくしておく。

本問題考察にあたり、表 2-3 の Q 列および S 列に注目する。具に眺めればやがて、Q 列を下に見て行って、時刻の変わり目のお客が、今の場合、窓口 A に入るお客となっていることに、また同様に、S 列を下方に見れば、時刻の変わり目のお客が、ここでは窓口 B に入っていることに気付かれよう。これが、ここでのアルゴリズムの種にほかならない。後は、このアルゴリズムを表現する次のステップ・コーディングの段階に進むこととなる。行番号 3490~行番号 3930 までの Sub プロシージャがそれである。また、このプロシージャのフ

ローチャートを次ページ図5-1に掲げておく。

なお、補足しておけば、表3-1や表3-2に見るように、窓口Aに入るお客様の番号、到着時刻、サービス開始時刻、サービス終了時刻等、それぞれのセルのフォントを（ここでは）赤で色付けしてある。窓口Bに入るお客についても同様であり、今度はここではブルーで色付けしている。これらは、シミュレーションを実行した後のトレースや検討時、あるいは何か必要になればという程度の意味合いからであり、ガントチャート描画には直接関係あるものでない。

図 5-1



Ⅵ 若干の考察

前稿 [2] のⅢにおける考察と基本的には、全く同じなのであるが、それがガントチャートを描き、ビジュアル化されたことで、一層鮮明に表現され、強烈なインパクトになるろう。

窓口が一つより、二つに増やせば、待ち行列、待ち時間が減少することは分かっている。それは至極当然のことである。しかし、減少・改善の程度は如何程？

窓口一つの場合のガントチャート図3-1と窓口二つの場合のガントチャート図3-2との比較、あるいは、もう一例として、図3-3と図3-4との比較をしてみるとよい。窓口二つの場合にすれば、一つの場合に比し、圧倒的な差として改善されている。格段の劇的な改善である。これは、シミュレーションを実行し、しかもここでのガントチャートを描くことで、初めて目に見える形として表現されてくるのである。

参 考 文 献

- [1] 宮川公男, 野々山隆幸, 佐藤修著『入門経営科学』(実教出版株式会社), 1999年4月 p. 181
- [2] 石田徳孝, “EXCEL 利用のシミュレーション—いくつかの教育的例題 (I) —”『松山大学論集』『倉田三郎教授 記念号』第14巻4号, 2002年10月