

# EXCEL を用いた PERT 計算（I）

石 田 徳 孝

## は じ め に

ここ数年来、科目名『経営科学』の教材の中からその主なもののいくつかについて、手近な表計算ソフト EXCEL を使って表現し、解の導出やあるいは計算結果の表示を試みている。学生達にとって、経営科学的問題に対して、手近にあるツールを使って自らの手で解の導出・検証を行えば理解が深まることはもとよりであるが、何よりこの領域への一層の興味と関心が深まることにつながり、その教育的効果は大きいものと考えている。

本稿は、PERT の計算を取り上げる。1 においては、PERT の計算、具体的には、最早結合点時刻および最遅結合点時刻の計算を、ここでは(本稿では)、EXCEL 関数のみを使って計算することを、ひとつの簡易形の例題を設定しそれを通して解説する。2 においては、少し大きくした問題でも適用できるように、その意味で一般化し拡張し得るように意を用いた関数入力を考える。3 においては、PERT 問題では上の最早結合点時刻および最遅結合点時刻のみならず、作業に関する諸々の時間を計算していくのであるが、その結果表を、ここでも(本稿では)、EXCEL 関数のみを使って表示することを試みる。結果表の表示法について、でき得れば関係の結果のみを上詰めで表示するようにできないものか。これを EXCEL 関数のみの使用で、果たして可能であろうか。この課題がアイデアと工夫によって解決されるところが、一つの見所にもなるう。

## 1 PERT 計算のための EXCEL 関数の入力

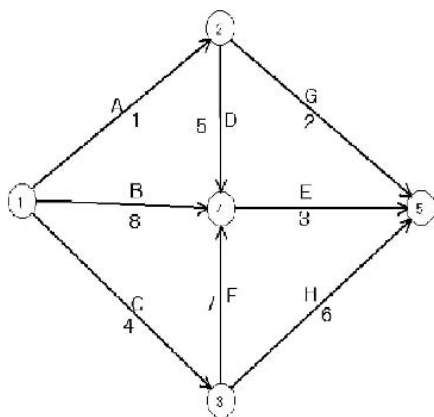
### 1-1 仮設の例題

PERT 計算のための EXCEL 関数の入力方を説明のため、ここでは次の仮設例を用いることにする。作業リスト図表 1 がそれである。

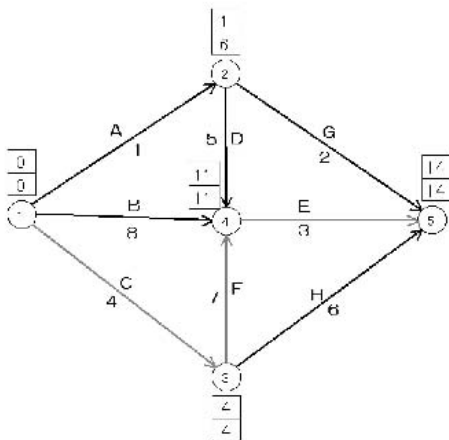
図表 1

記号	先行作業	所要日数
A	—	1(日)
B	—	8
C	—	4
D	A	5
E	B, D, F	3
F	C	7
G	A	2
H	C	6

図表 2



図表 3



前の図表2は、この作業リストに基づき、フローチャートと作業名およびそれぞれの所要日数（時間）を書き込んだものである。

この後、いわゆる PERT の計算、すなわち、最早結合点時刻および最遅結合点時刻の計算のための次ステップに進むことになる。これこそ PERT 計算そのものであるが、しかしここでは、それら計算法については既に学習済みとして割愛する。ここでは、その結果のみを表示しておく。前の図表 3 がそれである。いうまでもなく、同図表、四角枠の上段が最早結合点時刻を、また下段が最遅結合点時刻を表している訳である。

## 1-2 EXCEL関数での解法

### 1-2-1 3つの行列の準備

さて、本稿の主題は、上の最早結合点時刻および最遅結合点時刻の計算を、EXCELで、しかもEXCEL関数のみで算出することである。

そのための準備として次図表を用意する。

图表 4

	A	E	G	D	E	F	G	H
1	PERT(構造行列計算)							
2	構造行列							
3	1	1	2	3	4	5		
4	1			1	4	8		
5	2					5	2	
6	2					7	9	
7	4							3
8	5							
9	最早結束時刻							
10	1	1	2	3	4	5		
11	1							
12	2							
13	3							
14	4							
15	5							
16	最遲開始時刻							
17	1							
18	最遲結束時刻							
19	1	1	2	3	4	5	1	1
20	1							
21	2							
22	3							
23	4							
24	5							
25								
26								
27								

前図に見るように、3つの正方行列を用意する。一番上の行列はここでは構造行列と称しているもので、2つの結合点間の繋がりと繋がられた結合点・作業(i, j)の所要時間を表している。このところのビジュアルな理解としては、図表2をも参照されたい。PERTの基本的ルールにより、繋がられる可能性ある結合点は、行列の対角線の上半分であり、決して対角線の下半分にくることはない。ここでは入力ミスを避ける意味もあって禁止ゾーンに予め斜線を施しておく。真ん中の行列は、最早結合点時刻を計算するための作業行列である。同行列最下行に最早結合点時刻  $t_j^E$  が計算されるようになる。さらに、一番下の行列は最遅結合点時刻を計算するための作業行列であり、同行列右端列に最遅結合点時刻  $t_j^L$  が計算されることになる。

### 1-2-2 最早結合点時刻の計算

以下次図表5から図表20までについては、最早結合点時刻の計算のための説明であるが、関連する部分である上の行列・構造行列と真ん中の行列・最早結合点時刻の計算のための作業行列のみを表示することにする。図表5での大きな太字体の数値は、計算を開始する最初の1行である(本稿では、以下通して説明の方法として、現在説明下にある箇所について、大きな太字体の数値で

図表5

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>PERT(構造行列計算)</b>							
2	構造行列							
3	1	1	2	3	4	5		
4	1			1	4	8		
5	2					5	2	
6	3					7	6	
7	4							3
8	5							
9								
10	最早結合点時刻							
11	1	1	2	3	4	5		
12	1			1	4	8		
13	2							
14	3							
15	4							
16	5							
17	$t_j^E$	0						
18								

示すことにする)。

少しく説明を加えておく。図表5において、下の行列の最下行、セルC17に結合点1の最早結合点時刻 $t_1^E$ の値0を与える。これがスタート時刻となる値であるからである。そして、結合点1に繋がって出ていく全ての結合点についてのそれぞれの所要時間が加算され所要時刻が計算されることになる。ここでは、結合点1の最早結合点時刻 $t_1^E$ の値0プラス結合点1に繋がる各作業の所要時間が加算される。すなわち、 $0 + \text{セルD4}$ 、 $0 + \text{セルE4}$ 、 $0 + \text{セルF4}$ であり、 $(-0 + 1 = 1, 0 + 4 = 4, 0 + 8 = 8 \text{ であり})$ 、加算値1, 4, 8がそれぞれセルD12, セルE12, セルF12に結果として記入される。ここで注目すべきは、構造行列における結合点1の行(-4行-)の全ての各所要時間を加算し、対応するセル行(-12行-)に加算値(時刻)を記入することで、結合点1に関しての時間計算はこれで完結すること、である。つまり、図表2に示されるようなフローチャートにいちいち依ることなく、行列形式のみで計算が遂行できること、これゆえこそが、EXCEL計算を可能にするブレークスルーである(本稿執筆には、参考文献[1]が動機付けになったことをここに付記しておく)。続く、図表6は、今の説明部分に関するEXCEL数式の

図表6

	A	B	C	D	E	F	G	H
1				<b>PERT(構造行列計算)</b>				
2								
3								
4				1	4	8		
5				2		5	6	
6				3		7	5	
7				4			7	
8				5				
9								
10								
11								
12				=IF(D4="","",C17+D4)	=IF(E4="","",C17+E4)	=IF(F4="","",C17+F4)	=IF(G4="","",C17+G4)	
13				2				
14				3				
15				4				
16				5				
17				$t_j^E$	0			
18								

入力を示している。

次に進む。ここで既に、結合点2の最早結合点時刻  $t_2^E$  の値が確定される状況になっている。というのは、図表2で見るように、結合点2に入り込む矢線は1本のみであるからである。ならば、ここで最早結合点時刻  $t_2^E$  の値が確定される。ところで、このことは、上の行列（図表中で既に、構造行列と称している）で形として如何様に表されているか。それは、図表7の結合点2の列にあるセル値が一つ（－セルD12－）のみ、ということに対応している。今の場合、結合点2最早結合点時刻は  $t_2^E = 1$  と定まる。続く、図表8は、EXCEL 数式の入力を示している（ここでは、MAX関数は必ずしも必要ないが、後続との統一性を考慮して、MAX関数を使っている）。

次に進む。図表9である。図表9では、 $1 + 5 = 6$ 、 $1 + 2 = 3$  となっている箇所である（図表2において、結合点2から繋がっている結合点は、結合点4と結合点5であることに対応している。このように、EXCEL 計算では、フローチャートに依ることなく、機械的に計算できる。ここが味噌である）。続く、図表10は、ここに対応する EXCEL 数式の入力を示している。

図表7

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PERT(構造行列計算)							
2	構造行列							
3	1	1	2	3	4	5		
4	1			1				
5	2					5	2	
6	3					7	6	
7	4						3	
8	5							
9	最早結合点時刻							
10	1	1	2	3	4	5		
11	1							
12	2			1		0		
13	3							
14	4							
15	5							
16	$t_1^E$			1				
17								
18								

図表8

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PERT(構造行列計算)							
2	構造行列							
3	1	1	2	3	4	5		
4	1			1				
5	2					5	2	
6	3					7	6	
7	4						3	
8	5							
9	最早結合点時刻							
10	1	1	2	3	4	5		
11	1			1		0		
12	2							
13	3							
14	4							
15	5							
16	$t_2^E$	C=MAX(D12)						
17								
18								

図表 9

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		PERT(構造行列計算)						
2		構造行列						
3		1 \ 1	1	2	3	4	5	
4		1			4	3		
5		2				5	2	
6		3				7	6	
7		4					8	
8		5						
9		最早結合点時刻						
10		1 \ 1	1	2	3	4	5	
11		1			4	3		
12		2				6	3	
13		3						
14		4						
15		5						
16		$t_i^E$						
17			0	1				
18								

図表10

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		PERT(構造行列計算)						
2		構造行列						
3		1 \ 1	1	2	3	4	5	
4		1			4		8	
5		2				5	2	
6		3				7	6	
7		4					8	
8		5						
9		最早結合点時刻						
10		1 \ 1	1	2	3	4	5	
11		1			4		8	
12		2			=IF(E5="","",D17+E5)	=IF(F5="","",D17+F5)	=IF(G5="","",D17+G5)	
13		3						
14		4						
15		5						
16		$t_i^E$						
17			0	1				
18								

次に進む。この時点で、(結合点2のときと同じ理由で)ここ(結合点3)でも、最早結合点時刻  $t_3^E$  の値が確定できる状況になっている。図表 11 はそれを示している。また、それに続く、図表 12 はそれに対応する EXCEL 数式の入力である。

图表11

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>PERT (構造行列計算)</b>						
2	構造行列						
3	1	1	2	3	4	5	
4	1			1	4	E	
5	2					E	2
6	3					7	6
7	4						3
8	5						
9							
10	最早始点時刻						
11	1	1	2	3	4	5	
12	1			1	4	E	
13	2					E	3
14	3						
15	4						
16	5						
17	$t_j^E$	0	1	4			
18							

図表12

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PERT(構造行列計算)							
2	構造行列							
3	1	2	3	4	5			
4	1			4	5			
5	2				5			
6	3				7			
7	4							
8	5							
9	最早結合点時刻							
10	1	2	3	4	5			
11	1			4	5			
12	2				6			
13	3				6			
14	4							
15	5							
16	$t_j^E$	0	$=\text{MAX}(E12:E13)$					

次に進む。図表 13 である。図表 13 では、 $4 + 7 = 11$ 、 $4 + 6 = 10$  となっている箇所である（図表 2 において、結合点 3 から繋がっている結合点は、結合点 4 と結合点 5 であることに対応している。このように、EXCEL 計算では、フローチャートに依ることなく、機械的に計算できる）。続く、図表 14 は、こ

図表13

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>PERT (構造行列計算)</b>							
2	<b>構造行列</b>							
3	1	1						
4	1			1	4	8		
5	2					5	2	
6	3					7	6	
7	4						3	
8	5							
9								
10	<b>最早結合点時刻</b>							
11	1	1						
12	1			1	4	8		
13	2					6	3	
14	3					11	10	
15	4							
16	5							
17	$t_j^E$	0	1	4				
18								



図表14

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								

こに対応する EXCEL 数式の入力を示している。

次に進む。この時点で、(結合点2, 結合点3のときと同じ理由で)ここ(結合点4)でも、最早結合点時刻  $t_i^E$  の値が確定できる状況になっている。ここは、しかしこれまでと違った結合点の繋がりとなっているので、少しく説明しておこう。図表2でそのことを確認すると、結合点4に、結合点1, 結合点2, 結合点3から矢線が入り込んでいる、ことである。PERT 計算の基本ルールとして、最早結合点時刻  $t_i^E$  の値は、加算された所要時刻の値のうち一番大きい値として定められている。その計算は、図表15で行っている。すなわち、図表15において、結合点1, 結合点2, 結合点3から加算された時刻、8, 6, 11の最大値として11を求め、その値をセルF17に記入している(このように、EXCEL 計算では、フローチャートに依ることなく、機械的に計算できること今まで通りである)。続く、図表16はこに対応する EXCEL 数式の入力を示している。

次に進む。図表17である。図表17において、 $11 + 3 = 14$  となっている箇所である(図表2において、結合点4から矢線が出て繋がっている結合点は、

図表15

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>PERT (構造行列計算)</b>							
2	構造行列							
3	1	1	2	3	4	5		
4	2		1	4	8			
5	3				5			
6	4				7	6		
7	5					9		
8								
9								
10	標準化完了時刻							
11	1	1	2	3	4	5		
12	2		1	4	8			
13	3				6		3	
14	4				1		10	
15	5							
16								
17	$t_i$	0	1	4	1	1		

図表16

**PERT(構成行列計算)**

進捗行	1	2	3	4	5
1	1				
2		1			
3			1		
4				1	
5					1

計算式(5時分)

1	2	3	4	5
1	1			
2		1		
3			1	
4				1
5				

$t_j = 0 - 4 = \text{MAX}(F12, F14)$

結合点5であることに対応している。結合点5へは、結合点2からと、結合点3からと、矢線が繋がって入っているが、このための計算は、図表9および図表13において既に計算済みとなっている。このように、EXCEL計算では、フローチャートに依ることなく、機械的に計算できる)。計算値14が、セルG15に記入されている。続く、図表18は、ここに対応するEXCEL数式の入力を示している。

図表17

PERT(構造行列計算)

標準偏差

	1	2	3	4	5
1					
2	1		1	4	8
3	2				2
4	3				6
5	4			7	3
6	5				

最早結合点時刻

	1	2	3	4	5
1					
2	1		1	4	8
3	2				2
4	3				6
5	4			7	3
6	5				

$t_1$

	1	2	3	4	5
1					
2	1		1	4	8
3	2				2
4	3				6
5	4			7	3
6	5				

圖表18

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PERT(構造行列計算)							
2	根元行列							
3	1	1	2	3	4	5		
4	1			4	0			
5	2				5			
6	3				7			
7	4					3		
8	5							
9	要素中の最大値							
10	1	1	2	3	4	5		
11	1			4	0			
12	2				5			
13	3				7			
14	4					11 (G/11=11/11)		
15	5							
16	F							
17	1	0	1	4	11			
18								

次に進む。ここで、（終点）結合点5における最早結合点時刻 $t_5^E$ の値が確定できる。図表19がそれである。終点結合点の最早結合点時刻 $t_5^E$ の値は、3、10、14の最大値14として定まる。終点結合点の最早結合点時刻 $t_5^E$ の値14が、セルG17に記入されている。ここでも、EXCEL計算では、フローチャートに依ることなく、機械的に計算できる。念のために、フローチャートとの対応で見ておくと、結合点5へ、結合点2から、結合点3から、結合点4から矢線が入り込んでいることに対応する。続く、図表20は、EXCEL数式の入力を示している。

図表19

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PERT(構造行列計算)							
2	構造行列							
3	1	1	2	3	4	5		
4	1			4	6			
5	2				5	2		
6	3				7	6		
7	4					3		
8	5							
9								
10	最早結合点時刻							
11	1	1	2	3	4	5		
12	1			4	6		3	
13	2				5		10	
14	3				7		14	
15	4							
16	5							
17	$t_j^L$	0	1	4	11		14	
18								

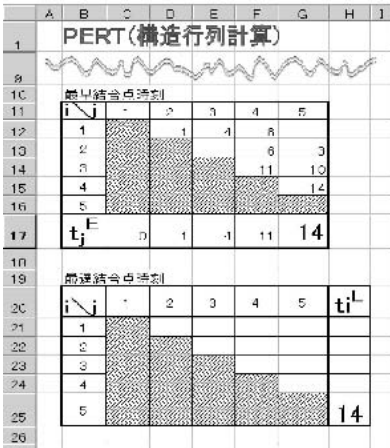
図表20

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PERT(構造行列計算)							
2	構造行列							
3	1	1	2	3	4	5		
4	1			4	6			
5	2				5	2		
6	3				7	6		
7	4					3		
8	5							
9								
10	最早結合点時刻							
11	1	1	2	3	4	5		
12	1			4	6	3		
13	2				5	10		
14	3				7	14		
15	4							
16	5							
17	$t_j^E$	0	1	4	11	=MAX(G12:G15)		
18								

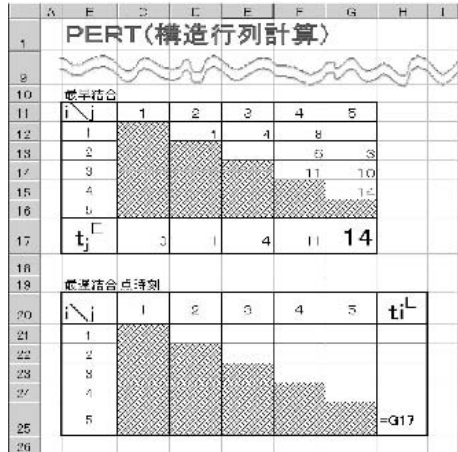
### 1-2-3 最遅結合点時刻の計算

前節で終点結合点の最早結合点時刻 $t_5^E$ の値が求められたので、PERT計算の後半である最遅結合点時刻 $t_j^L$ の値を計算することとなる。後半の最初は、終点結合点の最早結合点時刻 $t_5^E$ の値14を、終点結合点の最遅結合点時刻 $t_5^L$ の最初の値として等値することから始まる。図表21が、それである。なお、ここでは、便宜上、3つの行列のうち、一番上の構造行列は、ここでは表示を

図表21



図表22



割愛し、真ん中の行列・最早結合点時刻  $t_j^E$  の作業行列と下の行列・最遅結合点時刻  $t_i^L$  の作業行列を表示している。また、その右の図表 22 は、EXCEL 数式の入力を示している。

次に進む。ここのところの説明は少しくしておこう。フローチャートに依れば、結合点 5 へは、矢線は、結合点 4 から、結合点 3 から、結合点 2 から入り込んでくる。各結合点における最遅結合点時刻  $t_i^L$  の計算には、矢線の矢部分の最遅結合点時刻  $t_i^L$  から各所要時間を減算して求められることになっている。今の（終点）結合点の最遅結合点時刻  $t_5^L$  においては、具体的には、 $14 - 3 = 11$ 、 $14 - 6 = 8$ 、 $14 - 2 = 12$  と計算される。

さて、これら計算を、EXCEL での行列形式で以って計算されねばならない。それを示すのが、図表 23 である。

その説明に先立って、図表 23 についてであるが、元の 3 つの行列の内、一番上の行列（－構造行列－）と一番下の行列・最遅結合点時刻の作業行列のみ表示し、真ん中の行列・最早結合点時刻の作業行列は割愛している（以下、同様である）。

図表23

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
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									

図表24

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
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									
26									

上の説明に戻って、上の減算値、11、8、12はそれぞれ、セル G24、セル G23、セル G22 に記入されている。ここで注目すべきは、最遅結合点時刻  $t_5^L = 14$  から、構造行列における結合点 5 へ入り込む結合点 4、結合点 3、結合点 2、（-G 列-）の全ての各所要時間を減算し、対応するセル列（-G 列-）のそれぞれのセルに減算値（時刻）を記入することで、結合点 5 に関しての時間計算はこれで完結すること、である。このように、EXCEL 計算では、フローチャートに依ることなく、機械的に計算できる訳である。また、図表 24 は、EXCEL 数式の入力を示している。

次に進む。図表 23 まで済んだ段階で、結合点 4 における最遅結合点時刻  $t_4^L$  の値が確定される。図表 25 である。図表で、結合点 4 の行（-24 行-）の値は、値 11 のみである。この値 11 が、最遅結合点時刻  $t_4^L$  の値として、セル H 24 に記入されている。これを、フローチャートでの対応で見ると、結合点 4 から出ている矢線は、結合点 5 に向かう一本のみであるから、結合点 4 における最遅結合点時刻  $t_4^L$  の値は 11 と確定される。図表 26 は、EXCEL 数式の入力を示している（なお、ここでは、MIX 関数は必ずしも必要ないが、後続との

图表26

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
		<b>PERT(構造行列計算)</b>							
1		構造行列							
2		1	2	3	4	5			
3		1		1	4	0			
4		2				5	2		
5		3			7	8			
6		4					3		
7		5							
8									
9									
10		<b>最適法合点時刻</b>							
11		1	2	3	4	5		$t_i^L$	
12		1							
13		2				12			
14		3				8			
15		4			11		<b>=MIN(G24)</b>		
16		5					<b>=B17</b>		
17									

次に進む。図表 25 で、結合点 4 の最遅結合点時刻  $t_4^L$  の値は 11 と定まった。次の計算は、図表 27 に見るように、 $11 - 7 = 4$ 、 $11 - 5 = 6$ 、 $11 - 8 = 3$  と計算され、それら結果値 4、6、3 の値が、それぞれ、セル F23、セル F22、セル F21 に記入されている。これを、元のフローチャートとの対応で見ると、結合点 4 へは、結合点 3 から、結合点 2 から、結合点 1 から入り込んでいる。

图表28

[illegible]

結合点4の最遅結合点時刻 $t_L^4$ の値11から、各矢線の作業の所要時間が減算される。そして取り敢えず、ここままおいておく、ということに相当する。ここで注目すべきは、EXCELでの行列計算では、そのような、フローチャートに目配りしなくても、自動的に機械的に行えるようになっていることである。また続く、図表28は、それに対応するEXCEL数式の入力である。

次に進む。図表 27 まで進んだ段階で、結合点 3 の最遅結合点時刻  $t_3^L$  の値が確定される。図表 29 に見るように、所要時間の減算値 4, 8 のうち、最小値は 4 であり、この値が、結合点 3 の最遅結合点時刻  $t_3^L$  4 として確定され、セル H23 に記入される。ところで、フローチャート上では、結合点 3 のみならず、結合点 2 もまた、(作業の相互関係が対称であるので)最遅結合点時刻  $t_2^L$  の値が、この段階で計算できるのではないかと思わせる。しかし、ここでは計算しない。なぜなら、この段階ではまだ、結合点 2 から出る計算が全部済んでいないからである。我々の仮設例ではたまたま結合点 3 へ結合点 2 から入っていないからだけなのである。これは、構造行列でセル E5 が空白であることに対応している。このように、EXCEL での行列計算では、フローチャートに目配りすることなく計算が遂行されること今まで同様である。最遅結合点時刻  $t_2^L$  の計算は、次の段階で計算されることになる。図表 30 は、対応する EXCEL 数式の入力である。

図表29

PERT (構造行列計算)

構造行列

	1	2	3	4	5	6
1	1					
2		1				
3			1			
4				1		
5					1	
6						1

相互結合係数表

	1	2	3	4	5	6
1	1					
2		1				
3			1			
4				1		
5					1	
6						1

図表30

**PERT (構造行列計算)**

構造行列

i \ j	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

最近結合点時刻

i \ j	1	2	3	4	5	$t_i^l$
1						
2						
3						
4						
5						

$t_i^l = \min(t_{23}, t_{24})$

次に進む。図表31である。4 - 4 = 0 と計算され、結果値4がセル E21 に記入される。図表32は、対応する EXCEL 数式の入力である。なお、本例においては、結合点2から結合点3への繋がりが無いが、一般例との統一性を考慮して、図表32においては、それも対応可能なように、セル E22 に数式が入力されている。

次に進む。図表31 まで進んだ段階で、結合点2の最遅結合点時刻  $t_2^L$  の値

図表31

PERT(構造行列計算)									
1	構造行列								
2	1	2	3	4	5				
3	1			1	4	8			
4	2						5	2	
5	3						7	6	
6	4								9
7	5								
8									
9	最遅結合点時刻								
10	1	2	3	4	5	$t_i^L$			
11	1				0	3			
12	2					6	12		
13	3							4	8
14	4							11	11
15	5								14

図表32

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	PERT(構造行列計算)								
2	構造行列								
3	1	1	2	3	4	5			
4	1				4	8			
5	2					5	2		
6	3					7	6		
7	4							9	
8	5								
9									
10	最遅結合点時刻								
11	1	1	2	3	4	5			$t_i^L$
12	1								
13	2								
14	3								
15	4								4
16	5								11
17									14

図表33

PERT(構造行列計算)									
1	構造行列								
2	1	2	3	4	5				
3	1								
4	2								
5	3								
6	4								
7	5								
8									
9	最遅結合点時刻								
10	1	2	3	4	5	$t_i^L$			
11				0	3				
12	2				6	12	6		
13	3						5	4	
14	4						11	11	
15	5								14

図表34

PERT(構造行列計算)									
1	構造行列								
2	1	2	3	4	5				
3	1								
4	2								
5	3								
6	4								
7	5								
8									
9	最遅結合点時刻								
10	1	2	3	4	5	$t_i^L$			
11				0	3				
12	2				6	12	=MIN(E22:G22)		
13	3						4	8	4
14	4						11	11	
15	5								14



が確定される。図表 33 に見るように、所要時間の減算値 6, 12 のうち、最小値は 6 であり、この値が、結合点 2 の最遅結合点時刻  $t_2^L$  6 として確定され、セル H22 に記入される。図表 34 は、対応する EXCEL 数式の入力である。

次に進む。図表 35 である。6 - 1 = 5 と計算され、結果値 5 がセル D21 に記入される。図表 36 は、対応する EXCEL 数式の入力である。

図表35

PERT (構造行列計算)						
1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	
2	1		4	8		
3	2		5		2	
4	3			7	0	
5	4					3
6	5					
最遅結合点時刻						
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

図表36

PERT (構造行列計算)						
1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	
2	1		4	8		
3	2		5		2	
4	3			7	0	
5	4					3
6	5					
最遅結合点時刻						
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

次に進む。図表 35 まで進んだ段階で、結合点 1 の最遅結合点時刻  $t_1^L$  の値が確定される。図表 37 に見るように、所要時間の減算値 5, 0, 3 のうち、最小値は 0 であり、この値が、結合点 1 の最遅結合点時刻  $t_1^L$  0 として確定され、セル H21 に記入される。図表 38 は、対応する EXCEL 数式の入力である。

我々の仮設例は、以上のプロセスを通じて解に至る。図表 39 に最終の結果表と、また図表 40 においては、EXCEL 数式の入力の全体を示しておく。

なお、図表 39 の結果表に基づいて、解を確認しておくならば、最早結合点時刻  $t_j^E$  に関しては、セル C17 の値から  $t_1^E = 0$ 、セル D17 の値から  $t_2^E = 1$ 、セル E17 の値から  $t_3^E = 4$ 、セル F17 の値から  $t_4^E = 11$ 、セル G17 の値から  $t_5^E = 14$  である。また、最遅結合点時刻  $t_i^L$  に関しては、セル H21 の値から  $t_1^L = 0$ 、セル H22 の値から  $t_2^L = 6$ 、セル H23 の値から  $t_3^L = 4$ 、セル H24 の値から

図表37

PERT(構造行列計算)							
構造行列							
i \ j	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
最遅結合点時刻							
i \ j	1	2	3	4	5	$t_i^L$	
1			5	0	3		0
2						12	6
3				4	0	4	
4						11	
5							14

図表38

PERT(構造行列計算)							
構造行列							
i \ j	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
最遅結合点時刻							
i \ j	1	2	3	4	5	$t_i^L$	
1			5	0	3	=MIN(D21:G21)	
2						12	6
3						4	
4						11	
5							14

図表39

PERT(構造行列計算)							
構造行列							
i \ j	1	2	3	4	5		
1							
2			1	4	8		
3					5	2	
4					7	6	
5						3	
最遅結合点時刻							
i \ j	1	2	3	4	5		
1			1	4	8		
2					6	3	
3					11	10	
4						11	
5							14
$t_j^E$	0	1	4	11	14		
最遅結合点時刻							
i \ j	1	2	3	4	5	$t_i^L$	
1			5	0	3		0
2						12	6
3					4	11	4
4						11	11
5							14

ら  $t_4^L=11$ , セル H25 の値から  $t_5^L=14$  である。それぞれの値について, 図表3において照合の上, 確認をされたい。



## 2 一般形への拡張

前節で、PERT 計算を、EXCEL 関数を用いて解くためには、行列表現することで以って、解決されることを見てきた。ところで、そこでの説明は、あくまでも、原理を説明する目的でなされたものであり、その意味で、上の開発型はプロトタイプでしかないという認識である。

本節は、より大きく一般的な PERT 問題の計算にも耐えうるようなものに仕上げるための、EXCEL 関数の入力方法を工夫する。

より大きく一般的な PERT 問題の計算にも耐えうるようなものとは、具体的には、

ア. 文字通り、作業の数が大きいこと

イ. たとえば、最遅結合点時刻  $t_i^L$  の計算開始に際しては、図表 21 で行ったような、最遅結合点時刻  $t_i^L$  の最初の値として、終点結合点の最早結合点時刻  $t_j^E$  の値を等値することから始めたが、これなど当然、機械的に自動的に取得するものであることが望まれる。

ウ. 個々のセル全てに一々数式入力は何ぞあり得ない。コピー、数式貼り付けで効率的な数式入力を図るべきは当然として、望むらくはコピー元の入力の式の数可能な限り最小限に止めたい。

等を念頭におくのものであり、上を言い換えれば、そのために一般的な PERT 問題でも通用するものを作品として開発すること、これが本節での目標でもある。

そこでまず、図表 41 のような結合点 20 までである正方向行列を 3 つ用意する。それぞれの行列の役割は前節と同じである。結合点 20 までの行列では、最大が結合点 20 で限界ではないかというところという心積もりではない。紙幅の制約でここでは 20 としたが、一般的 PERT 問題にも適用可能なような形での入力数式を工夫する。その意味で結合点 20 としても一般性を失うことはない(またそうしたい)のである。

図表41

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1		<b>PERT(構造行列計算)</b>																						
2		<b>構造行列</b>																						
3		i \ j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
4		1																						
5		2																						
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25		<b>最早結合点時刻</b>																						
26		i \ j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
27		1																						
28		2																						
29																								
30																								
31																								
32																								
33																								
34																								
35																								
36																								
37																								
38																								
39																								
40																								
41																								
42																								
43																								
44																								
45																								
46																								
47																								
48		<b>MAX(最早結合点時刻) -</b>																						
49		<b>終点結合点 -</b>																						
50		<b>最遅結合点時刻</b>																						
51		i \ j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	t <sub>1</sub> <sup>f</sup>	
52		1																						
53		2																						
54																								
55																								
56																								
57																								
58																								
59																								
60																								
61																								
62																								
63																								
64																								
65																								
66																								
67																								
68																								
69																								
70																								
71																								
72																								
73																								
74																								
75																								
76																								
77																								
78																								
79																								
80																								
81																								
82																								
83																								
84																								
85																								
86																								
87																								
88																								
89																								
90																								
91																								
92																								
93																								
94																								
95																								
96																								
97																								
98																								
99																								
100																								

そこで数式入力の開始であるが、まず真ん中の行列・最早結合点時刻の作業行列の一番右端の列 (W 列) に図表 42 に示すように、セル W27 に=C47, セル W28 に=D47, …… , セル W45 に=U47, セル W46 に=V47 を予め入力しておく。このように、最早結合点時刻  $t_j^E$  の値 (一行 47-) を縦列に移しとっておくのである。さらにもう一つ、今度は、一番下の行列・最遅結合点時刻の作業行列の一番下の行 (行 72) に示すように、セル C72 に=W52, セル D72 に=W53, …… , セル U72 に=W70, セル V72 に=W71 を入力しておく。ここでも上と同様今度は、最遅結合点時刻  $t_j^L$  の値 (ーW 列-) を横行に移しとっておくのである。これらいわば事前準備は前節にはなかったが、その意図は、数式入力作業 (ーコピー・数式貼り付けによる数式入力ー) の軽減化のためである。これで準備完了である。

そこでいよいよ PERT 計算のための数式入力であるが、図表 4

図表42

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
2																							
3																							
4																							
5																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
31																							
32																							
33																							
34																							
35																							
36																							
37																							
38																							
39																							
40																							
41																							
42																							
43																							
44																							
45																							
46																							
47																							
48																							
49																							
50																							
51																							
52																							
53																							
54																							
55																							
56																							
57																							
58																							
59																							
60																							
61																							
62																							
63																							

セル D27 に①，セル D47 に②，セル D48 に③，セル D49 に④，セル D52 に⑤，セル W52 に⑥が記入されている。これら番号のセルにはそれぞれ下に示されるような数式入力がなされる。

- ①：=IF(D4="", "", \$W27+D4)
- ②：=IF(MAX(D27:D46)>0, MAX(D27:D46), "")
- ③：=MAX(C47:V47)
- ④：=INDEX(C26:V26, 1, MATCH(D48, C47:V47, 0))
- ⑤：=IF(D4="", "", D\$72-D4)
- ⑥：=IF(B52>\$D\$49, "", IF(B52=\$D\$49, \$D\$48, MIN(D52:V52)))

少し説明しておく。

①：については，図表 6（あるいは図表 40）のセル D12 の数式に相当する。この後，この数式をコピーし，セル V27 まで数式貼り付けする。次に，セル

D27:セル V27 を範囲選択コピーし、結合点 20 の行 (−46 行) まで数式貼り付けする (行列で対角線の下半分までも一括数式入力範囲に入れてしまっているのは、コピー・数式貼り付けによる数式入力によって、専ら作業効率化を図るという理由による。このままおいておいても害にはならないが、それでも気になるなら削除すればいい、という程度の問題である)。

②:については、図表 8 (あるいは図表 40) のセル D17 に相当する。この後、この数式をコピーし、セル V47 まで数式貼り付けする (行列で対角線の下半分までも MAX 関数の範囲に入れているのは、コピー・数式貼り付けによる数式入力によって、専ら作業効率化を図るという理由による。気になるなら範囲変更すればいい)。

③:については、最早結合点時刻  $t_j^E$  の最大値、すなわち言い換えれば、終点結合点の最早結合点時刻  $t_j^E$  を見出している。

④:については、上で見出した終点結合点の最早結合点時刻を拠り所として、その終点結合点の○番目を検索している。ここでは、MATCH 関数によって、最早結合点時刻  $t_j^E$  の最大値の位置を見出し、その位置から INDEX 関数によって、終点結合点の○番目数を検索している。

⑤:については、図表 36 (あるいは図表 40) のセル D21 の数式に相当する。この後、この数式をコピーし、セル V52 まで数式貼り付けする。

⑥:については、図表 38 (あるいは図表 40) のセル H21 の数式に相当する。ただ、ここでは見かけ上かなり異なっている (複雑である) やに見える。それは、本節最初で触れた注文イに應えるためである。ここの列 (最遅結合点時刻の値・W 列) には、終点結合点より大きい結合点では、何も記入しない (−“” を記入)、またちょうど終点結合点に等しい結合点では、終点結合点の最早結合点時刻の値を記入、また終点結合点より小さい結合点では、同行にある数値 (時刻) のうち最小値を記入することになる。これを IF 関数で場合分けをしてそれぞれの値を記入している。

最後に、セル D52:セル W52 を範囲選択コピーし、結合点 20 の行 (−71

図表43

A	B	C	D	E	V	W	X
PERT(構造行列計算)							
1	構造行列	1	2	1	20		
2	1						
3	2						
4							
5							
6							
7	19						
8	20						
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							



行一)まで数式貼り付けする。以上で、数式入力は全て完了である(行列で対角線の下半分までも一括数式入力の範囲に入れてしまっているのは、コピー・数式貼り付けによる数式入力によって、専ら作業効率化を図るという理由による。このままおいておいても害にはならないが、それでも気になるなら削除すればいい、という程度の問題である)。図表 43 が、その結果表である。

結合点 20 の範囲までの PERT 問題では、この計算表がこのままの形で適用可能である。教室ではそれ以上の問題はまずないと思われるが、万一結合点 20 を超える問題に対しては、行・列挿入の上、若干の数式改訂を施す程度で、対応可能になろうかと思われる。

### 3 PERT 計算総括表の作成

本節における目標は、図表 44 に示されるような、諸々の PERT 時刻の結果表、いわば PERT 計算の総括表を作成することである。諸々の PERT 時刻とは、具体的には、最早開始時刻(EST)、最早終了時刻(EFT)、最遅開始時刻(LST)、最遅終了時刻(LFT)、や全余裕時間(TF)、自由余裕時間(FF)、独立余裕(IF)時間であり、同時にクリチカル・パスをも併せ表示する結果表を作成することにする。上の諸 PERT 時刻・諸時間について、これらのため改めて新規の計算というプロセスを経る必要はなく、我々が既に第 2 節で行った PERT 結果表から相当の数値を適宜読み取ることで可能なのである。それらの諸 PERT 時刻・諸時間の定義式は関係専門書に譲るとして、ここでは、どこの数値を、如何に EXCEL 関数を使ってどのように適宜読み取るか、が一つのポイントである。実は、それもあるがその総括表を表示するに当たり、でき得れば上に詰めて表示できるように工夫できないか。これが EXCEL 関数のみの使用で果たして可能かである。まずは、用意として、図表 45 に示すような、見出し・項目表を記入しておく。

準備ついでに、構造行列の右側に、図表 46 に示すような今までと同じ大きさの行列を新たにもう一つ用意しておく。この意図は、PERT 総括表において、

表44	
-----	--

PERT(日程計画表)

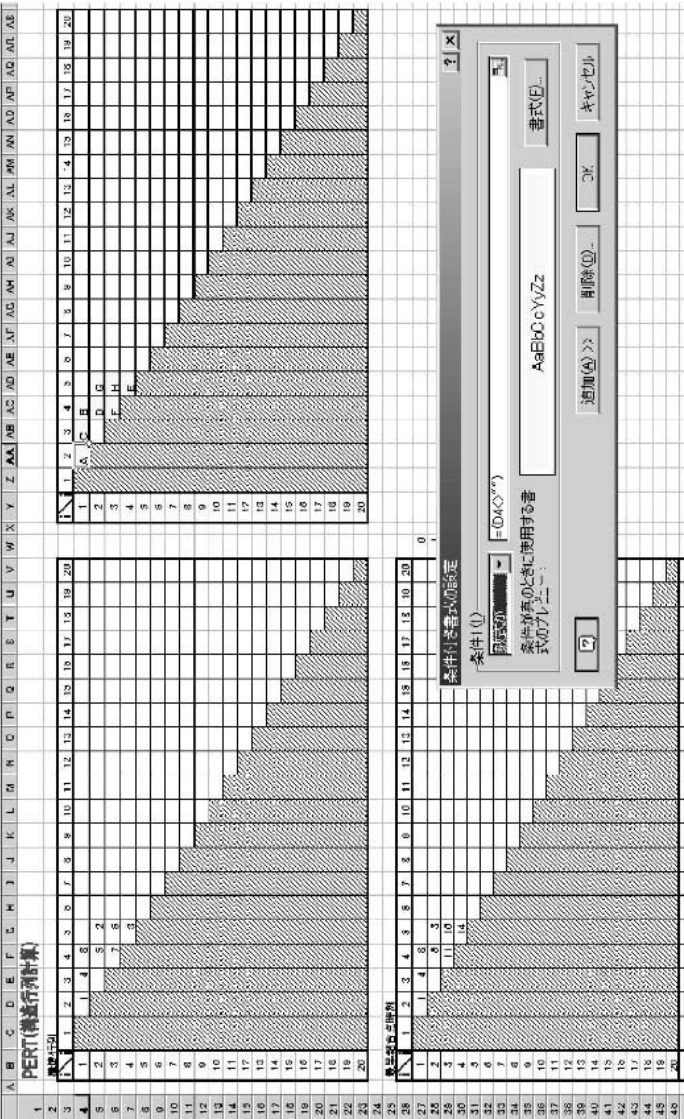
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	PERT(日程計画表)																					
2																						
3																						
4																						
	作業名 (I)	作業 (D)	所要時間	最早(F-early-start)開始(3分)終了(EFT)	最遅(L-latest-start)開始(1分)終了(LFT)	余裕(Float)	自由(Free)出	クリティカルパス	完成(完成)日	時刻 毎時毎分毎秒 了	終 行 列 番 号	次 行 列 番 号										
5	A	1	2	1	0	1	5	6	5	0	0	0	1	2	0							
6	C	1	3	4	0	4	0	4	0	0	0	0	2	1	6							
7	D	1	4	0	0	0	0	11	0	0	0	0	1	4	0							
8	U	2	4	5	1	6	5	11	5	6	0	0	4	11	11							
9	G	2	5	1	3	12	14	11	11	6	0	0	5	14	14							
10	F	3	4	7	4	11	4	11	0	0	0	0	0	4	0							
11	H	3	5	6	4	10	8	14	4	4	4	4	0	4	0							
12	E	4	5	3	11	14	11	14	0	0	0	0	0	4	0							

表 45
------

## PERT(日程計画表)

[illegible]

図表46



作業名が表示されることが望ましければ、どこかで入力しておく必要ある訳であるが、その作業名入力に当たり、いくらかでも便なればという趣旨である。その行列に、条件付き書式設定として、 $= (D4<>''')$ と、かつ適当な色設定を施し、これを行列(対角線上半分)全体にコピー・書式貼り付けしておく。すると、構造行列の中で作業時間を入力すれば、今の行列の対応セルが先に設定した色で以って塗りつぶされ、どこに作業名を入力すべきか、一目で見取れる、という意味でのささやかな便利さである。

以下の説明に先立って、本稿では、作業上、3つのEXCELシートを用意していることを付言しておく必要がある。一つめは、図表42と図表46のとを合わせた(結合点20までである)4つの正方行列のシートである。このシート名をここでは、‘構造行列’と名付けた。二つめのシートは、図表47に示すような名付けて、‘作業シート’である。作業シートの役割りであるが、次のPERT総括表の作表のための足掛かり(ベースキャンプ)としての機能を果たすシー

図表47

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			作業シート								
2			入力確認順序	行	列	所要時間	作業名	1 詰め			
3		1	①	②	③	④	⑤	⑥			
4		2									
5		3									
6		4									
7		5									
8		6									
9											

- ①:  $=IF(G3="", "", ROW())$   
 ②:  $=IF(MOD(B3, 構造行列! \$V\$3)=0, INT(B3/構造行列! \$V\$3), INT(B3/構造行列! \$V\$3)+1)$   
 ③:  $=IF(MOD(B3, 構造行列! \$V\$3)=0, 構造行列! \$V\$3, MOD(B3, 構造行列! \$V\$3))$   
 ④:  $=IF(INDEX(構造行列! \$C\$4: \$V\$23, E3, F3)="", "", INDEX(構造行列! \$C\$4: \$V\$23, E3, F3))$   
 ⑤:  $=IF(INDEX(構造行列! \$Z\$4: \$AS\$23, E3, F3)="", "", INDEX(構造行列! \$Z\$4: \$AS\$23, E3, F3))$   
 ⑥:  $=SMALL(\$D\$3: \$D\$402, B3)$

图表48

[illegible]

トである。三つめのシートは、図表 44 に示されたような PERT 総括表の書き出しシートである。このシートには、他シートから数式参照として使うこともないので、特定の名前は付けていない。

以下、図表 47 における①～⑥までの数式を概説しておく。ここでは簡略な説明にとどめるが、それに併せ本シートの結果図表・図表 48 を参照されれば理解の助けになろう。

①：については、セル G3（コピーしてそれ以降）に記入があれば、その記入セルの位置の行番号を、EXCEL 関数 ROW（）により記入しておく。この EXCEL 関数 ROW（）を、ここで上手く利用しているところが一つの味噌である。この数値（行番号）は（B 列とともに）、やがて J 列にて上詰めのための判定キーとして機能する。なお、セル G3（コピーしてそれ以降）についてであるが、構造行列の各セルに作業（時間）が定義されているか否かが記入・非記入として反映されている。

②：については、MOD 関数の機能により、20 を 1 単位として連番を生成している。この連番を G 列で、構造行列における（結合点 i の）行番号として使用する。

③：についても、同様 MOD 関数の機能により、ここでは 1, 2, …, 20 の連番を、20 を周期として生成する。この連番を G 列で、構造行列における（結合点 j の）列番号として使用する。

④：については、E 列・行番号 i と F 列・列番号 j を結合点 (i, j) 番地として、構造行列において数値（作業時間）が定義されてあれば、それを記入する（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 42 も参照されたし）。

⑤：については、E 列・行番号 i と F 列・列番号 j を結合点 (i, j) 番地として、構造行列の右側に作成しておいた作業名入力行列において作業名が定義されてあれば、それを記入する（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 46 も参照されたし）。

⑥：については、D 列にて記入済みの行番号のうち、B 列の値を用いてその

図表49

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				

## PERT(日程計画表)

作業名 (I, J)	作業 (I, J)	所要時間	最早(Earliest...Time) 開始(EST)終了(EFT)	最遅(Latest...Time) 開始(LST)終了(LFT)	余 裕(Free Float) 自由(Free Float) (Independent)	クリティカル パス	結合番号	時刻 最早開始 最遅終了
---------------	--------------	------	---------------------------------------	-------------------------------------	---	--------------	------	--------------------

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱

- ① : =IF(ISERROR(作業シート!J3), "", VLOOKUP(作業シート!J3, 作業シート!\$D\$3:\$H\$402, 5, FALSE))
- ② : =IF(ISERROR(作業シート!J3), "", INDEX(構行列!\$B\$4:\$B\$23, S5, 1))
- ③ : =IF(ISERROR(作業シート!J3), "", INDEX(構行列!\$C\$3:\$V\$3, 1, T5))
- ④ : =IF(ISERROR(作業シート!J3), "", VLOOKUP(作業シート!J3, 作業シート!\$D\$3:\$G\$402, 4, FALSE))
- ⑤ : =IF(C5="", HLOOKUP(C5, 構行列!\$C\$26:\$V\$47, 22, FALSE))
- ⑥ : =IF(F5="", F5+E5)
- ⑦ : =IF(I5="", I5-E5)
- ⑧ : =IF(D5="", VLOOKUP(D5, 構行列!\$B\$52:\$W\$71, 22, FALSE))
- ⑨ : =IF(H5="", I5-G5)
- ⑩ : =IF(C5="", INDEX(構行列!\$C\$47:\$V\$47, 1, T5) - INDEX(構行列!\$C\$47:\$V\$47, 1, S5) - E5)
- ⑪ : =IF(U5>=0, U5, -)
- ⑫ : =IF(J5=0, "", " ")
- ⑬ : =IF(AND(構行列!B4<=構行列!\$D\$49, ROW(構行列!B4)<=構行列!\$D\$49+3), 構行列!B4, "")
- ⑭ : =IF(O5="", 構行列!W27)
- ⑮ : =IF(O5="", 構行列!W52)
- ⑯ : =IF(ISERROR(作業シート!J3), "", VLOOKUP(作業シート!J3, 作業シート!\$D\$3:\$H\$402, 2, FALSE))
- ⑰ : =IF(ISERROR(作業シート!J3), "", VLOOKUP(作業シート!J3, 作業シート!\$D\$3:\$H\$402, 3, FALSE))
- ⑱ : =IF(C5="", INDEX(構行列!\$C\$47:\$V\$47, 1, T5) - INDEX(構行列!\$W\$52:\$W\$71, S5, 1) - E5)

値を（D列の範囲内で）小ささの順位とするもの—D列にて記入済みの行番号—を記入する。SMALL関数を使ってこれを実現しているところがもう一つの味噌である。もし、指定範囲内に、指定順位のものがなければエラー（#NUM!）表示される。このエラー表示も含めて、ここのJ列の数値をキーとして後で上詰め表示に活用される。

なお、番外としてB列にシーケンスナンバーが振られている。これは上⑥での説明のように、小ささの順位として使用するための数値である。

以上、①～⑥まで数式入力が済んだところで、各々下方向にコピー・数式貼り付けすれば作業シートは完成である。結果表は図表48に示す通りである。

最後に、PERT総括表を作成して完成である。図表44がそれである。この表を作成するため、まずは見出し・項目表を作成しておく。それが図表45であった。この表に、図表49で示す①～⑱までの連番を付したセルに、次に示した数式を入力する。以下、①～⑱までの数式を概説しておく。

①：については、作業シートのセルJ3（コピーしてそれ以降）の値に等しい値を、表（—作業シート!D\$ \$3: \$H\$402—）の1列目から検索し、同行5列目から作業名を取り出し記入している。作業シートのセルJ3（コピーしてそれ以降）がエラー（#NUM!）ならば、何もしない（—”” 記入—）ということで、それも上手く活用している。

②：については、結合点iの番号を取り出し記入している。予めS列において、表（—作業シート!D\$ \$3: \$H\$402—）での結合点iの行値を読み取り、その行値をキーに構造行列に戻り、結合点iの番号を検索し取得するという手順を採っている。表（—作業シート!D\$ \$3: \$H\$402—）においての結合点iの行値をダイレクトに結合点の番号としない訳は結合点の番号と行値とは必ずしも一致しないこともあり得ることを考慮している（なお、ここの説明の図表番号としては、図表42も参照されたし）。

③：については、結合点jの番号を取り出し記入している。予めT列において、表（—作業シート!D\$ \$3: \$H\$402—）での結合点jの列値を読み取り、



その列値をキーに構造行列に戻り、結合点  $j$  の番号を検索し取得するという手順を採っている。表（－作業シート!D\$ \$3:\$H\$402－）における結合点  $j$  の列値をダイレクトに結合点の番号としない訳は結合点の番号と列値とは必ずしも一致しないこともあり得ることを考慮している（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 42 も参照されたい）。

④：については、上①と同じであるが、ここでは、表（－作業シート!D\$ \$3:\$H\$402－）の 4 列目から作業時間の値を取り出し記入している。

⑤：については、結合点  $i$  の最早開始時刻（EST）の値は、結合点  $i$  の最早結合点時刻  $t_i^E$  の値に等しいという関係から、その値（－最早結合点時刻  $t_i^E$ －）を、シート名‘構造行列’の真ん中の行列（－最早結合点時刻のための作業用行列－）の最下行にて計算されている対応する結合点  $j$ （なお、ここでは  $j = i$  と考えてよい）の値から取り出して記入している（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 42 も参照されたい）。

⑥：については、結合点  $i$  の最早終了時刻（EFT）の値を、上⑤で見出した最早開始時刻（EST）に作業時間を加算することで求めている。

⑦：については、結合点  $i$  の最遅開始時刻（LST）の値を、下⑧で見出した最遅終了時刻（LFT）から作業時間を減算することで求めている。

⑧：については、結合点  $j$  の最遅終了時刻（LFT）の値は、結合点  $j$  の最遅結合点時刻  $t_j^L$  の値に等しいという関係から、その値（－最遅結合点時刻  $t_j^L$ －）を、シート名‘構造行列’の一番下の行列（－最遅結合点時刻のための作業用行列－）の右端列にて計算されている対応する結合点  $i$ （なお、ここでは  $i = j$  と考えてよい）の値から取り出して記入している（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 42 も参照されたい）。

⑨：については、全余裕時間を、最遅終了時刻（LFT）マイナス最早終了時刻（EFT）で計算して求めている。

⑩：については、自由余裕時間を、結合点  $j$  の最早結合点時刻  $t_j^E$  マイナス結合点  $i$  の最早結合点時刻  $t_i^E$  マイナス作業（ $i, j$ ）の作業時間として求めている。

る（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 42 も参照されたい）。

⑪：については、独立余裕時間を、予め U 列で仮計算しておいた時間のうち、正值のみを独立余裕時間として記入している。もし負値ならば独立余裕時間は定義外として “-” 記号を記入している。

⑫：については、全余裕時間がゼロ値である結合点の経路がクリティカル・パスとして、その作業に○印を付けている。

⑬：については、全ての結合点の番号を列挙している。構造行列のセル D49 には、終点結合点が求められている。ここでは、これ以下の結合点番号を全て構造行列 B 列から取り込み記入している。その際、下にある 2 つの行列から結合点番号を取り出さないように、関数 ROW ( ) を使って結合点番号記入の上限値をコントロールしている（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 42 も参照されたい）。

⑭：については、結合点  $i$  の最早結合点時刻  $t_i^E$  の値を記入している。⑤のように HLOOKUP 関数を使って最早結合点時刻  $t_i^E$  の値を検索することもできるが、ここでは構造行列での記入列（W27 以降）を直接読み取りにしている（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 43 も参照されたい）。

⑮：については、結合点  $i$  の最遅結合点時刻  $t_i^L$  の値を記入している。⑧のように VLOOKUP 関数を使って最遅結合点時刻  $t_i^L$  の値を検索することもできるが、ここでは構造行列での記入列（W52 以降）を直接読み取りにしている（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 43 も参照されたい）。

⑯：については、①や④のように、作業シートのセル J3（コピーしてそれ以降）の値に等しい値を、表（一作業シート!D\$ \$3: \$H\$ 402-）の 1 列目から検索し、同行 2 列目から行値を取り出し記入している。なお、ここで行値とは、たとえば構造行列において、4 行目の行を 1 行、5 行目を 2 行、…と数えるものである（なお、ここの説明の図表番号としては、図表 42 も参照されたい）。

⑰：については、上と同様であるが、ここでは、表（一作業シート!D\$ \$3:

\$H\$402- ) の 1 列目から検索し, 同行 3 列目から列値を取り出し記入している。なお, ここで列値とは, たとえば構造行列において, C 列目の列を 1 列, D 列目を 2 列, …と数えるものである(なお, この説明の図表番号としては, 図表 42 も参照されたし)。

⑮: については, 独立余裕時間を求めている。独立余裕時間は, 結合点  $j$  の最早開始時刻  $t_j^E$  マイナス結合点  $i$  の最遅結合点時刻  $t_i^L$  のマイナス作業 ( $i, j$ ) の作業時間で計算されるものの中の正值として定義される。独立余裕時間は L 列で記入されることになるので, ここでは, (L 列の) 計算式が長くなる関係で計算部分まで行っている(なお, この説明の図表番号としては, 図表 42 も参照されたし)。

#### 参 考 文 献

- [1] 多田実・大西正和・平川理絵子・長坂悦敬 共著 『EXCEL で学ぶ経営科学』(株式会社 オーム社), 平成 15 年 8 月 25 日 p. 171~p. 180