

従属する単位作業を含む場合の

The Ranked Positional Weight 法の応用

清 家 正・高 城 重 道

1. まえがき

アセンブリーライン・バランスिंगの問題に関して、The Ranked Positional Weight 法は、単位作業の先行順位と作業時間の関係において、ネットワーク上の位置的重みを求めこれを用いて各工程に単位作業を順次割当てて、工程編成を行ない、バランスिंगを行なう方法である。ところがこれを計算するための優先順位の制約条件として、ネットワーク上の単位作業は互いに独立で、順序の制約を破らずに、順序の組替が出来ると仮定しているが実際の組立作業を単位作業に分割する場合、一つの製品の組立を通して、すべての単位作業が互いに独立である場合はほとんどなく、種々の組立の制約があり、いくつかの単位作業が従属して、ネットワークを構成している場合が普通である。また単位作業時間の測定にしても、組立作業方法に種々の方法があり、その中で最も経済的な方法が選ばれるのが一般的であり、多くの場合、前後の単位作業が影響する。そのため完全に独立な単位作業時間の決定も困難な場合が多い。従ってこれらの点が解決されれば、The Ranked Positional Weight 法の実用性も増加するものと思われる。

2. 目 的

本研究は組立作業における、互いに独立な単位作業の決定の問題点をあげ、ネットワーク上に従属関係のある単位作業がある場合のアルゴリズムを考え、The Ranked Positional Weight 法をより一層実用化しようとするものである。

3. 単位作業決定の問題点

- (1) 単位作業時間のバラツキ
- (2) 作業者の作業能力の差
- (3) 部品の精度
- (4) 作業方法及び手順の決定

などの問題点が考えられるが、(1)(2)(3)の問題は、いずれの手法でバランスिंगを考える場合でも、問題になることであるが、これらはラインの編成を行なってから、各工程に、中間部品のストックとか、補助要員を考慮して、ラインのバランスを保つのが普通であるので、ここでは取り上げない。しかしながら、(4)に関しては重要な問題であるのでこれを中心に考えをすすめる。

3.1. 作業方法及び作業手順の影響

(1) 作業方法及び作業手順は動作の経済原則にもとずくのが普通である。したがって、工程編成においても同種作業をまとめて、作業時間の短縮をはかるとか、スペースの狭い場所では奥の方から組立てるとか、あるいは同一側面の作業を続けることは当然行なわれる。故に全ての作業が完全に独立であることは考えられない。また単位作業 W_1 と単位作

業 W_2 において、上記のいずれかの関係があるとき、その作業時間の合計は W_1, W_2 の作業を連続して作業したとき、つまり W_1 に W_2 が従属する時と独立している時では一般に次のことが成立する。

$$t\{W_1+W_2\} \geq t\{W_1\} + t\{W_2\}$$

ここで $t\{W_1+W_2\}$ は W_2 が W_1 に従属して作業が行なわれたときの時間値

$t\{W_1\} + t\{W_2\}$ は W_1 と W_2 が独立に作業が行なわれたときの時間値

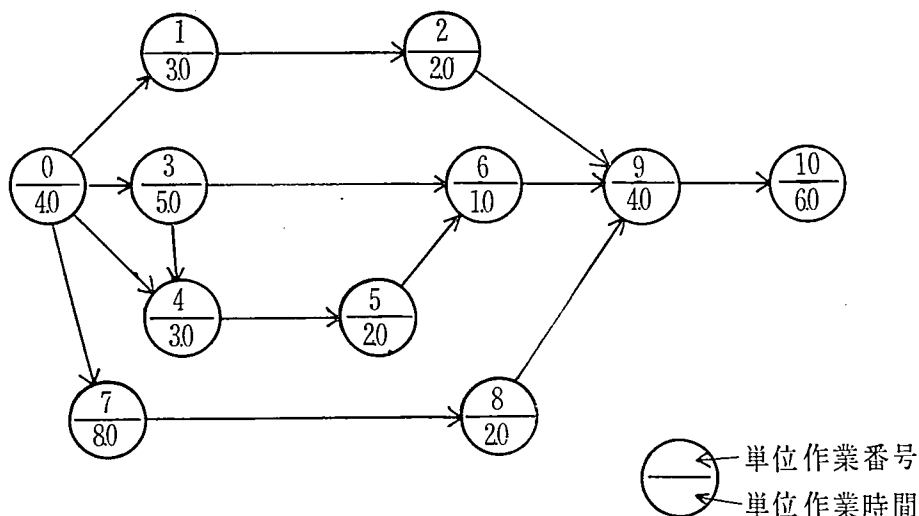
$$\text{従って } t\{W_1+W_2\} + \sum_{i=3}^n t\{W_i\} \leq \sum_{i=1}^n t\{W_i\}$$

(2) The Ranked Positional Weight 法で用いるネットワークは余裕時間を含まない作業から成り立っている。従って作業手順により作業の優先順位を決めて、作成したネットワークの中にも、互いに従属する単位作業を含むことになる。このことは始めに経済原則に基づいて作成したネットワークの意図するところの工程編成とネットワークの計算後に出来る工程編成では異ってくることを意味する。これをもう少し解りやすく説明するために次のようなモデルネットワーク図1を作成して、The Ranked Positional Weight 法によって計算する。ラインのサイクルタイムを 8.0min.として工程編成を行なうと結果は表1の通りとなり、第1工程 {0,1}, 第2工程 {3,4}, 第3工程 {7}, 第4工程 {5,2,8,6},

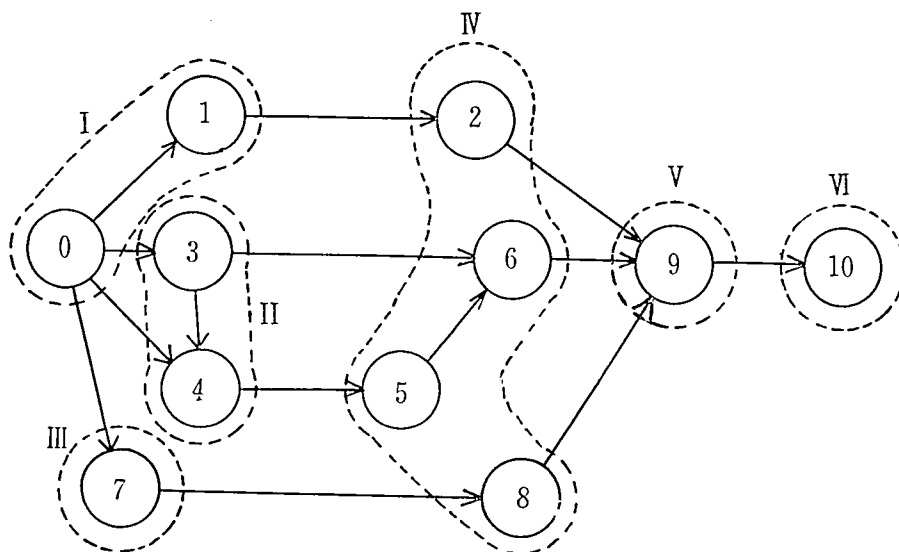
表1 工程割当表

工程	単位作業番	PW	直前の単位作業番号	単位作業時間	累積時間	サイクルタイムからの差	備考
1	0	40.0	—	4.0	4.0	4.0	次工程へ 次工程へ
	3	21.0	0	5.0	9.0	—	
	7	20.0	0	8.0	12.0	—	
	1	15.0	0	3.0	7.0	1.0	
2	3	21.0	0	5.0	5.0	3.0	次工程へ
	7	20.0	0	8.0	13.0	—	
	4	16.0	0,3	3.0	8.0	0.0	
3	7	20.0	0	8.0	8.0	0.0	
4	5	13.0	4	2.0	2.0	6.0	
	2	12.0	1	2.0	4.0	4.0	
	8	12.0	7	2.0	6.0	2.0	
	6	11.0	3,5	1.0	7.0	1.0	
5	9	10.0	2,6,8	4.0	4.0	4.0	
6	10	6.0	9	6.0	6.0	6.0	

サイクルタイムは 8.0min.



図一1 モデルネットワーク



図一2 ネットワークの分割

第5工程{9}、第6工程{10}の編成となり図2の点線で囲った部分が同一工程内の作業となる。ここで、仮りに単位作業{1,2}、単位作業{4,5}、単位作業{7,8}がそれぞれ従属関係にあり、ネットワークを作成されたものとする、最初のネットワーク作成の意図に従って工程内の単位作業の順位の修正を行わなければならない。まず第1工程{0,1}は問題ない。次に{1,2}が従属関係であるから、第4工程の単位作業{2}が工程の最初にきて{2,5,8,6}と修正したいが、優先順位の関係から{5,8,6}の単位作業は第5工程に編成出来ない。つまり、従属関係を含んだネットワークは始めに単位作業が独立であると仮定し、工程編成後に修正して、従属関係を持込もうとしても、修正が非常に困難であることを意味する。しかし、現実には、単位作業間の従属関係が存在するので、この問題を解決する

ために、次のようなアルゴリズムが考えられる。

4. ネットワークに従属関係を含む場合のアルゴリズム

前例のモデルと比較するために同一モデルを使用して計算をすすめる。ただし、単位作業番号は異なる。また単位作業 {10,11}, {30,31}, {50,51} はそれぞれ従属関係にあるものとする。

(1) ネットワークを作成し、互いに独立である単位作業には $10N$ ($N=0,1,2,\dots$) の番号を割りあて、従属関係にある単位作業には $10N+n$ ($n=0,1,2,\dots,9$) の番号を割りあてる。ただし、従属関係にある単位作業の集合の個数は10個以内と考える。単位作業番号

表2 優先順位行列表

単位作業 時 間	単位作業	00	10	11	20	30	31	40	50	51	60	70
4.0	00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.0	10	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
2.0	11	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5.0	20	-1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
3.0	30	-1	0	0	-1	0	1	1	0	0	1	1
2.0	31	-1	0	0	-1	-1	0	1	0	0	1	1
1.0	40	-1	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	1	1
8.0	50	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
2.0	51	-1	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	1
4.0	60	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1
6.0	70	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0

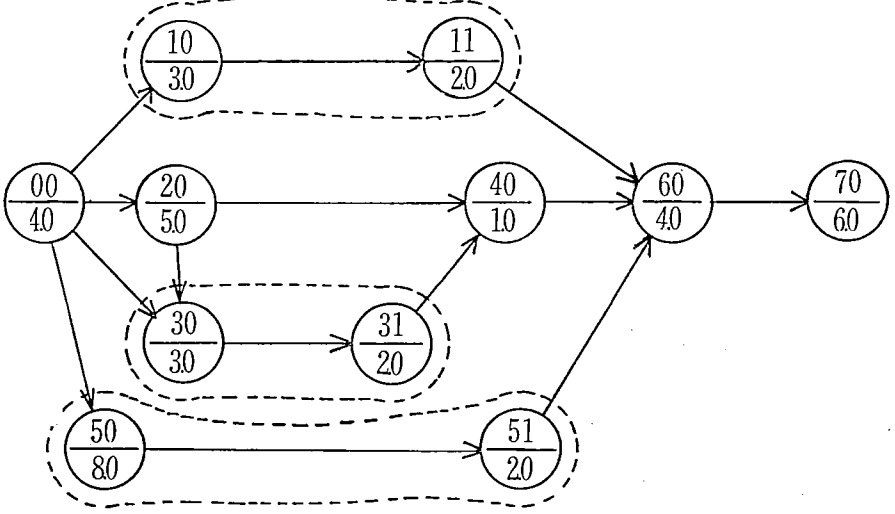


図-3 従属関係を含むネットワーク

表3 PWの計算

単位作業	00	10	11	20	30	31	40	50	51	60	70
00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
作業時間	4.0	3.0	2.0	5.0	3.0	2.0	1.0	8.0	2.0	4.0	6.0

$$PW_{00}=4.0+3.0+2.0+5.0+3.0+2.0+1.0+8.0+2.0+4.0+6.0=40.0$$

表4 PW表

単位作業番号	PW	直前の単位作業番号
00	40.0	—
10	15.0	00
11	12.0	10
20	21.0	00
30	16.0	00, 20
31	13.0	30
40	11.0	20, 31
50	20.0	00
51	12.0	50
60	10.0	11, 40, 51
70	6.0	60

表5 RPW表

単位作業番号	RPW	直前の単位作業番号
00	40.0	—
20	21.0	00
50	20.0	00
30	16.0	00, 20
10	15.0	00
31	13.0	30
11	12.0	10
51	12.0	50
40	11.0	20, 31
60	10.0	11, 40, 51
70	6.0	60

表6 O-PRW表

単位作業番号	O-PRW	直前の単位作業番号
00	40.0	—
20	21.0	00
50	20.0	00
51	12.0	50
30	16.0	00, 20
31	13.0	30
10	15.0	00
11	12.0	10
40	11.0	20, 31
60	10.0	11, 40, 51
70	6.0	60

は作業の優先順位に従って図3のようになる。

(2) ネットワークより優先順位行列を作成する。ここで、その単位作業に先行する作業に1、後続する作業に-1、そのどちらでもないものに0、を与えて表2の行列を作成する。

(3) Positional Weight の計算

単位作業についてそれぞれ位置的重み(PW)の計算を行なう。たとえば単位作業00について計算すると表3の通り。また全てのPWを求めたものを表4に示す。

(4) Ranked Positional Weight 表(位置的重みの整理表) 前項(3)の要領ですべての単位作業について、PWを求め、これをPWの大きい順に従ってランクをつけ、並べ変える(表5)。

(5) RPW の従属関係の整理

表5ではPWの大きい順序に並んでいるので1桁目の数字が0でない番号を従属の関係に

従って順序よく並べ変える(表6)。

(6) ラインのサイクル、タイムを決定し、単位作業を配分する。(ここでは $C=8.0\text{min}$) PW のもっとも大きい単位作業を選び、第1工程に割あてる。次に表6より O-RPW の大きい順に単位作業を加え、順次累計し、サイクル・タイムを超えるまで加える。もしサイクル・タイムを超える単位作業があるときは、その単位作業は次工程にまわし、優先順位を考慮して、その工程内に納まる単位作業がないかどうかを検討し、なければ次の工程に移る。また工程の最後の単位作業が従属関係で終わっている場合は、次工程はそれに続く単位作業番号から始める。つまり、従属関係が PW の大きさより優先する。これが、この手法の特徴である。このことを繰返し行なうと表7の工程分割表が出来る

5. 結果と考察

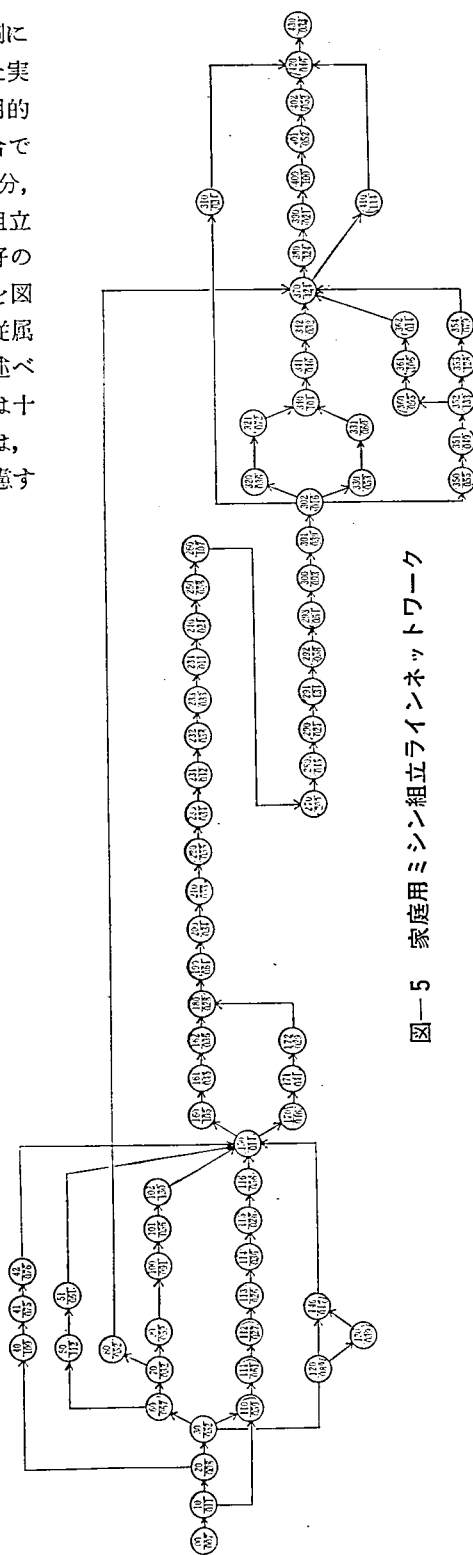
表7の工程分割表より、第1工程 {00,10}、第2工程 {11,20}、第3工程 {50}、第4工程 {51,30,31}、第5工程 {40,60}、第6工程 {70} となり、従属関係 {10,11}、{30,31}、{50,51} について検討すると図4において、第1工程の最後と第2工程の最初に単位作業 {10,11} が来ているので、工程は別々になるが、単位作業間に他の作業が入ってこないのので、作業時間への影響はほとんどないと考えてよい。また、{50,51} についても同じ事が言える。{30,31} については、同一工程内に含まれているので問題はない。この様に、従属関係を考慮しないで、工程分割を行なった後に、修正する方法より、始めから従属関

表7 工程割当表

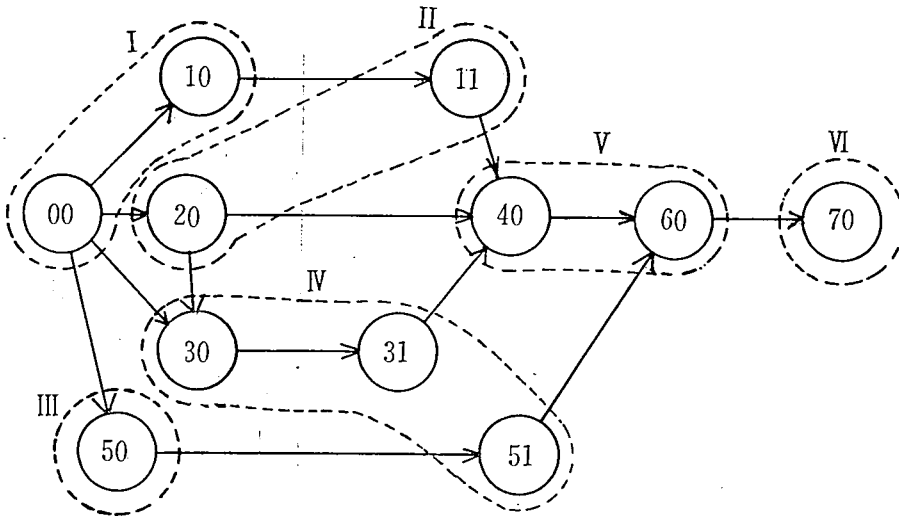
工程	単位作業 番 号	PW	直前の単位 作 業 番 号	単位作業 時 間	累計時間	サイクルタイ ムからの差	備 考
1	00	40.0	—	4.0	4.0	4.0	
	20	21.0	00	5.0	9.9	—	次工程へ
	50	20.0	00	9.0	12.0	—	次工程へ
	10	15.0	00	3.0	7.0	1.0	
2	11	12.0	10	2.0	2.0	6.0	
	20	21.0	00	5.0	7.0	1.0	
3	50	20.0	00	8.0	8.0	00	
4	51	12.0	50	2.0	2.0	6.0	
	30	16.0	00,20	3.0	5.0	3.0	
	31	13.0	30	2.0	1.0	1.0	
5	40	11.0	20,30	1.0	1.0	7.0	
	60	10.0	11,40,51	4.0	5.0	2.0	
6	70	6.0	60	6.0	6.0	2.0	

サイクルタイム 8.0min.

係を考慮して、計算した方が、工程分割に際して、非常にスムーズに実行でき、また実際のラインバランシングの応用にも実用的である。この方法を用いて手計算の場合で約80の単位作業、組立作業時間合計約50分、サイクル・タイム 4.25min の機械組立ラインの工程編成を行なった結果、良好の結果が得られたのでそのネットワークを図5で示す。またこのアルゴリズムでは従属関係が10単位以内の場合についてしか述べてないが、一般にこの範囲で実用的には十分である。もし、これで不十分の場合は、従属関係に用いる単位作業の番号を考慮すればよい。



図—5 家庭用マシン組立ラインネットワーク



図一4 従属関係を含むネットワークの分割

参 考 文 献

- (1) W.B. Helgeson and D.P. Birnie, "Assembly Line Balancing Using The Ranked Positional Weight Technique." J. of IE Vol. XII No. 6, 1961
- (2) Salveson "The Assembly Line Balancing Problem," Transaction of ASME Vol. 77. No. 6, August 1955
- (3) 古谷 "生産システム設計ハンドブック" 日刊工業, p. 220~p. 224, 1967
- (4) 片山, "組立ライン・バランスン・モデルのプログラム開発 (その2)" IE Review, Vol. 13, No. 3, 1972