

京都大学大学院 学生員 大石嗣雄

京都大学工学部 正 員 吉川和広

京都大学工学部 正員 山本幸司

1. はじめに 近年、土木工事はますます大規模化・複雑化する傾向にあるが、これに伴って作業量が急増し、その内容も多様化しつつある。しかし、一方では一般的傾向として経験豊かな現場管理技術者、および熟練労働者が不足しており、また工事用資源（機械、資材、人材など）の使用コストも急騰してきた。このため工事用資源の効率的な利用を考慮することにより経済性・迅速性を追求し得る日程計画モデルが必要となっている。このような考え方のもとに提案されたのがMAN-DAYを変数とする日程計画モデルである。本研究では特に、本モデルを実際の土木工事に適用する際の問題点について考察することとする。

2. モデルの概要 本モデルのフローチャートを図1に示し、以下に概説する。①各作業の仕事量(延資源配分量)は定数値とし、日々の資源配分量は最大配分可能量と最小配分可能量の範囲内で自由に变化する変数として扱う。特に各資源の投入比率を一定に保たなければ、施工効率の低下が著しい作業に対しては、施工パーティ(その作業の遂行に必要な一組の資源)単位での資源配分を考慮する。②しかし、投入可能資源量の資源制約が存在するため、資源配分上コンフリクトなすべての作業に対する資源配分が不可能となる場合が予想される。そこでコンフリクトな作業に対し、緊急を要する順に優先順位を付加して、優先順位の高い作業から順に資源配分を実施する。しかし、工程ネットワークの形状や工程ネットワークを構成する作業の特性によっては望ましい優先順位づけの方法が異なることが予想されるため、ここでは3通りの方法 (ORDER1, ORDER2, ORDER3) を考案した。その1例として、ORDER1は i)進行中で中断不可能な作業、ii)トータルフロートが0または1の作業、iii)施工パーティ単位で資源配分を行う作業、iv)進行中の作業、v)直接後続作業の多い作業、の5項目を優先順位づけの評価項目とするものである。ここでは同一項目に複数の作業が該当する場合、下位の項目を考慮して優先順位を付加した。また項目 i) ii) に該当する作業を最優先作業に指定する。③また、当該日に実行可能な各作業に対する予定配分量の算定方法として次の3式を考慮した。

$$M_{ij} = \min(MR_{ij}, MAX_{ij}) \quad (1) \quad M_{ij} = \min(MR_{ij}, (MAX_{ij} + MIN_{ij})/2) \quad (2)$$

$$M_j = \min_j \quad (3)$$

ここに M_{ij} : 資源 i の作業 j への予定配分量

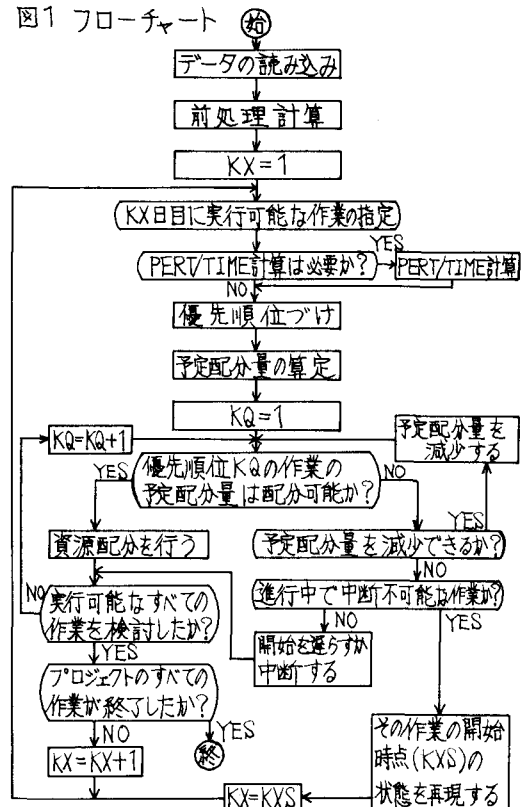
MRU: $\propto$ 未配分量

MAXij: 最大配分可能量

MINY: 最小配分可能量

先作業への最大配分可能量と資源制約と

そして、最優先作業への最大配分可能量と資源制約とを比較し、前者が後者に占める割合（RATE）の大きいときは、最優先作業が中断することのないように式(3)を使い、RATEが小さいときは、最優先作業の所要日数が増加することを防ぐため式(1)で予定配分量を算定することとした。しかし、RATEの大小の判定は極めて主観的であるため、本モデルでは3通り（MRA1, MRA2, MRA3）の判定方法を考案し、その結果を比較した。



3. 日程計画作成の手順 本モデルを用いて日程計画を作成する手順を図2に示し、以下に概説する。①作業量を歩掛りで割って仕事量を得る。さらに作業空間、作業の特性などから、最大配分可能量、最小配分可能量を定める。②初期資源制約を設定する。③本モデルにより日程計画案を作成する。④得られた日程計画案を、工期および経済性から検討する。そして、再計算が必要となれば、⑤クリティカルな資源の投入量を増加する、過剰な資源の投入量を減少させる、あるいは資源の投入量を段階的に変化させるなどして、新たな資源制約を定め、再度③本モデルにより日程計画案を作成する。このように本モデルによる日程計画作成法は、③④⑤を繰り返して、工期的、経済的に、より望ましい日程計画案を得ようとするヒューリスティックな方法である。

4. 適用事例と結果の考察 本モデルを簡単なネットワーク（適用事例1，作業数17）に適用した結果を表1に示した。これより以下のことが明らかとなった。①いずれの資源制約に対しても本モデルの方が山崩し法と比較して短い工期を与えている。②優先順位づけの方法が工期に与える影響は小さい。③予定配分量の算定方法が工期に与える影響は小さい。しかし、②③は事例が小規模であることに起因すると考えられるため、次に実用規模のネットワーク（適用事例2，作業数272，適用事例3，作業数193）に適用し、その結果を表2，表3に示した。これより以下のことが明らかとなった。①事例1と同様、本モデルは山崩し法と比較して、大幅に工期を短縮することが可能である。②事例2ではORDER 3が，事例3ではORDER 2が最短工期を与える。③事例2ではMRA3が，事例3ではMRA1が短い工期を与える。このように実用規模のネットワークに対しては優先順位づけの方法，予定配分量の算定方法が工期に影響を与える。さらに事例1において，資源制約3，ORDER1，MRA1の場合の計算結果を検討し，資源制約を修正して日程計算を行った。その結果，表4に示すように，工期を2日間短縮し，延投入資源量も減少させる日程計画案が得られた。以上の事例計算より，本モデルは山崩し法と比較して投入資源を有効に利用し，工期の短縮を図れることが明らかとなった。しかし，事例によっては望ましい優先順位づけの方法，予定配分量の算定方法が異なるため，本モデルを用いて日程計画を作成する場合には可能な限り多くのケースについて日程計算を行い，得られた数多くの代替案を検討し，必要ならば，資源制約を修正して再度日程計算を行い，工期および経済的に最も望ましい案を採用する必要がある。

また，工事開始後，投入資源量の変更などの不測の事態が発生し，日程計画を修正する場合には，完了している作業をダミー作業とすることにより，本モデルで修正計算を行うことが可能である。これらを合わせて計算結果に対する詳細な検討は講演時にスライドで説明することにする。

表1. 事例1 計算結果の工期
(単位 日)

PERT/TIME	31			
資源制約 1	(7,4,5)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	59	59	59	
2	59	59	59	
3				60
山崩し法				62
資源制約 2	(8,5,6)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	49	49	49	
2	49	49	49	
3				49
山崩し法				54
資源制約 3	(10,6,8)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	33	33	33	
2	35	35	36	
3				38
山崩し法				35

表2. 事例2 計算結果の工期
(単位 日)

PERT/TIME	246			
資源制約 1	(6,12,6,6,3)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	248	248	247	
2	248	248	247	
3				241
山崩し法				269
資源制約 2	(7,14,7,6,4)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	248	245	241	
2	248	245	241	
3				238
山崩し法				248
資源制約 3	(8,17,8,8,5)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	233	234	229	
2	233	234	229	
3				231
山崩し法				246

表3. 事例3 計算結果の工期
(単位 日)

PERT/TIME	132			
資源制約 1	(20,12,10,8,8,1)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	204	204	205	
2	203	204	205	
3				207
山崩し法				226
資源制約 2	(23,13,10,8,8,1)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	199	199	199	
2	197	197	199	
3				203
山崩し法				226
資源制約 3	(33,16,12,9,9,2)			
MRA	1	2	3	
ORDER				
1	136	136	138	
2	136	136	137	
3				135
山崩し法				149

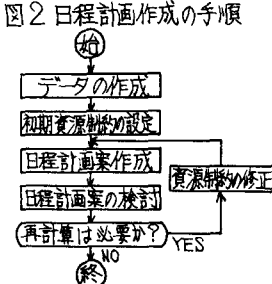


表4 資源制約の修正による
日程計画案の改善

	修正前	修正後
資源制約	(10,6,8)	1日～13日 (10,6,8) 13日～21日 (10,8,10) 21日～ (10,6,7)
工期	33	31
延投入量	(319,192,240)	(290,194,236)