

名古屋工業大学 学生員 ○谷岡尚昭  
 名古屋工業大学 正 員 山本幸司  
 鹿 島 建 設 正 員 福岡敬介

1. はじめに 土木工事を構成する各作業の中断可否と投入資源の資源制約を考慮したPERT/Manpower モデル(以下 PERT/MNモデルと略す)は、すでに各種提案されているが、その多くはforward passの画一的なアルゴリズムによりコンピュータ処理されるものであるため、資源制約の形態など種々の条件に合わせた山崩しを行うことが困難である。そこで、各作業間の順序関係が一通りしか認められないというPERT/MNモデルの欠点を解決するPrecedence Network/Manpower (以下PN/MNモデルと略す)に対してforward pass およびbackward pass 双方のアルゴリズムを開発した。さらに、現場技術者が種々の条件を考慮しつつコンピュータと会話しながら代替的な計画案を策定していけるinteractive なアルゴリズムを提案し、これをPERT/MN、PN/MNのそれぞれに適用した。また、各作業に対する所要時間、必要資源量等に対する検討が不十分であるという欠点を解決するために、すでに提案されているMan・day モデルをPN/MN モデルと一体化した新しい日程計画モデルとしてのPN/Man・dayモデルをもあわせて提案する。なお、本研究では、現場における計画立案を前提としてマイコンによるプログラム化を行った。

2. forwardおよびbackward algorithmによるPERT/MNモデルの概要 forward algorithm(以下FAと略す)が最早開始時刻に注目して山崩しを行うのに対して、backward algorithm(以下BAと略す)は最遅終了時刻に注目して山崩しを行うものである。ここで、FAでは時刻 $T=0$  よりday-by-dayタイプのアルゴリズムで山崩しを行っていくのに対し、BAでは最遅終了時刻より時刻を順次繰り上げて山崩しを行うこと以外にもコンフリクト作業への優先順位づけ規準が多少異なるが、本質的にはFAを準用できる。

3. forwardおよびbackward algorithmによるPN/MNモデルの概要 ここで提案するPN/MNモデルは、FS,SS,FF,SPという4通りの順序関係と2種類の時間遅れ(「何日以上経過しなければ～できない」場合と「何日以内に～しなければならない」場合)の存在を認め、工程ネットワークを構成する各作業ごとにその所要日数と必要な資源量を見積り、プロジェクト単位で投入可能な資源量に関する制約を与えることにより、その許容量の範囲で作業間の順序関係を満足させながら実行可能な日程計画案を求めるという方法が展開されている。その際、資源制約下での最適計画案を求めることは極めて困難であり、現実問題としては不可能に近いと考えられるため、各作業に対して何らかの優先順位を設定し、それに従って実行可能な作業から漸次割当てを行うというヒューリスティックなアルゴリズムを考えに行くことになる。

#### 4. マイコンを利用したinteractive な日程計画モデル

以上に提案したPERT/MNモデルおよびPN/MNモデルは、どちらかといえば画一的なアルゴリズムで山崩しを行うモデルであるため、種々の条件を考慮しつつinteractive に意思決定を行える方法を提案した。PERT/MNのinteractiveなモデルについてアルゴリズムの概要を示したのが図-1であ

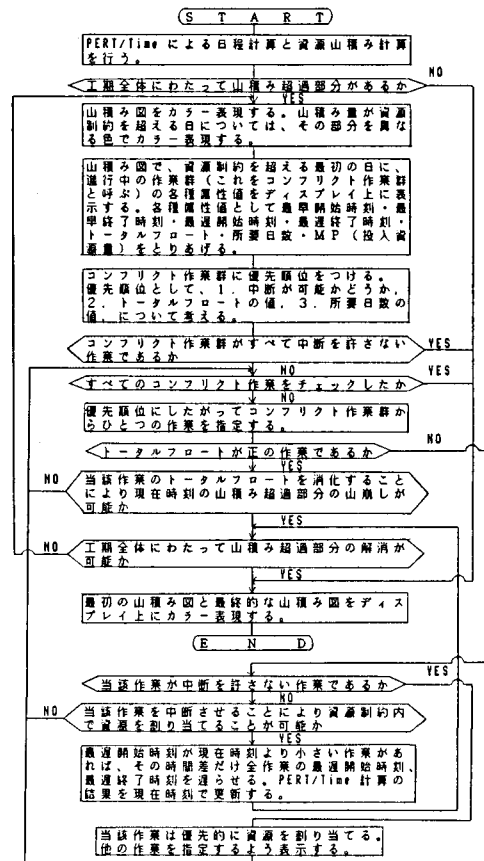


図-1 アルゴリズムのフロー図

る。これは、資源山積みが資源制約を超える日について、その日に進行中もしくは実行可能な作業とその属性値をマイコンのディスプレイに表示し、その情報を見ながら、現場技術者の判断により山崩しを行っていくものである。この点が、今までのモデルと大きく異なっているところであり、2. で示したFA、BA双方に対して適用可能である。

5. PN/Man・dayモデル 資源制約下における合理的な日程計画を作成するためには、各作業への投入資源量を固定的に与えるスケジューリングモデルでは不十分であり、これを変数として扱うモデルが必要となる。しかし、個々の作業に対する日々の投入資源量と所要日数の組み合わせは、工程ネットワーク全体を考えると、莫大な数となり、さらに各作業の順序関係を制約条件として考慮しなければならないことを考えると、このような問題に厳密解を求めることは不可能に近い。また、日程計画作成レベルと実際の工事施工レベルとの間に存在するギャップを考えても、比較的少ない費用と手間で見解を得る方法を考える方がより实际的であろう。このような考え方に基けば、コンピュータ・シミュレーションによるヒューリスティックなモデルが有効である。そこで、各作業ごとにそれを遂行するために必要な資源の上・下限値を設定し、各作業への日々の投入資源量はその範囲内で変数として扱うことにより、与えられた資源制約下で日々の調達資源量の変動をできるだけ小さくし、かつ、結果的に工期を短縮できるような日程計画モデル（Man・dayモデル）が提案された。以下でその概要を示すことにする。

今、各作業jの遂行に必要な資源iの延投入量を $W_{ij}$ 、作業jを開始後第k日目の資源iの所要日数を $D_{jk}$ と置けば一般に

$$W_{ij} = \sum_{k=1}^{D_{jk}} M_{ijk} \quad (1)$$

という関係が成立する。しかし $M_{ijk}$ には当然上下限が存在し、ある値以上に増加すれば、もはやそれに伴う作業能力の向上および所要日数の短縮が期待できず、逆にある値以下では作業能力が極度に劣化したり作業が実行不可能となるであろう。そこで上限値を最大投入量 $M_{ij}^{max}$ 、下限値を $M_{ij}^{min}$ とおけば、 $M_{ijk}$ は次式を満たす範囲内で決定されなければならないことにする。

$$M_{ij}^{min} \leq M_{ijk} \leq M_{ij}^{max} \quad (2), \quad \sum_{j \in J^i} M_{ijk} \leq M_i^d \quad (3)$$

ここに、 $M_i^d$ ：任意時刻における資源iの投入可能量、 $J^i$ ：任意時刻に実行中の作業集団

以上より工程ネットワーク上のすべての作業に対して $M_{ijk}$ が計算できることになる。PN/Man・dayモデルはこのようなMan・dayモデルをPrecedence Networkに応用したモデルであるが、しかしながらこのようにMan・dayモデルは計算の手順が複雑であるため、ここでは、PN/Timeから直接Man・dayモデルに入るのではなく、まず中断日数およびトータルフロートの消化による山崩しによって与えられた資源制約を満足できるかどうかを判断し、やむをえない場合のみMan・dayモデルへ移行する方法を考えることにする。

そこで、PN/Man・dayモデルを簡単な事例および実際の土木工事に適用した結果、投入資源量の算定方法によっては、計算結果がばらつく可能性があるが、同一資源制約下では、山崩し法よりも工期の短縮がはかれること、および最優先作業数によって投入資源量の算定方法をパラメトリックに変更すべきであることなどを明らかにすることができた。

6. おわりに PN/Man・dayモデルは従来の日程計画モデルと比較して十分に有効な手段であると判断することができたが、day-by-dayに資源割当てを検討していく段階で、Precedence Networkとしての4通りの順序関係と2種類の時間遅れに関する制約を満足できなくなる場合の発生する可能性が強く、この問題に対してどう取り組むかが今後の課題の一つとなろう。なお、紙面の都合上、3. ～5. に関するコンピュータプログラムの詳細や適用事例については講演時に示すこととする。

【参考文献】 1) 吉川和広・山本幸司；MAN, DAYを変数とするヒューリスティックな日程計画に関する一考察、土木学会論文報告集 第256号、1976年12月、 2) 山本幸司・池守昌幸；PERT系スケジューリングモデルの改良・拡張に関する研究、名古屋工業大学学報、第34巻、1982。 3) 山本幸司・福岡敏介・池守昌幸；Precedence Network/Man・dayモデルの開発に関する基礎的研究、土木計画学研究・講演集、1985年1月。