ネットワーク上の機械配分手法に関する一考察

京都大学工学部　正員　工博　吉川和広
京都大学大学院　学生員　工修　春名攻
京都大学大学院　学生員　○谷添利彦

〔Ⅰ〕まえがき

構造物設計，施工法が与えられた場合，管理計画としては，つぎのようなプロセスに入る必要がある。

1．ネットワーク作成のプロセス

a．作業の抽出　b．所要資源量の決定　c．作業順序の決定（資源配分の決定）

2．スケジュール作成のプロセス

a．作業所要時間の推定　b．スケジュールの計算（資源配分計画も含む）

以上のプロセスが終了すれば，施工実施のためのスターティングプランが得られる。ところで，一般の土木工事においては，他産業とくに装置産業と異なり，技術的な側面から決定される施工順序を除いては，必らずしも一意的に作業順序を決定できない。つまり，建設工事においては，実際に工事を施工していく場合に，一般には，施工対象である構造物あるいは施工場所をいくつかのブロックに分割し，しかる後にこれらのブロックを順次建設し，最終的に完成品を生み出すという手段がとられる。ここで，順次施工していくというのは，すべてを完成しなければつぎのブロックに移れないということはなく，また，主として，機械，作業人員その他の資源的な制約に基づく順序によって規定されるものである。従って，上述の分割単位や，ブロック間の施工順序によって，全体的な作業順序関係は大きく変わり得るものであるといえる。

つぎに工程における作業順序 P は，施工法，自然条件などに基づく技術的な側面から決定される作業順序 P^T と資源の量的制約に起因する作業順序 P^M によって構成されている。すなわち，$P = P^T + P^M$ とあらわされる。ところで技術的順序関係 P^T はほとんどの場合一意的に定まる。従って，工程管理計画の立場からは，資源量の制約に基づく作業順序に注目することが必要となる。

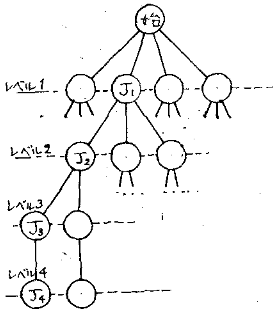
〔Ⅱ〕ネットワーク作成プロセスへの順序づけ手法の導入

上述の通り，管理の立場からは，資源的順序関係 P^M を定めることが必要であるので，ここでは同一資源を必要とする作業集合，すなわち競合作業集合についての順序づけの問題を取り扱う。本研究では，機械台数が1台，競合作業数が n の場合をとりあげて考察を進めていく。いま競合作業集合を J とする。$J=\{i;\ i=i_1, i_2, \cdots, i_n\}$　ここで i は個個の競合作業。つぎに集合 J に含まれる作業の中から r 個の作業をとり出し，順列 J_r を作成する。すなわち，$J_r=(i_1, i_2, \cdots, i_r)$　$i_1, i_2, \cdots, i_r \in J$　順列 J_r は機械が作業 $i_1, i_2, \cdots, i_r$ の順に遂行することを意味する。

ところでこの順序づけ問題における目的関数はプロジェクト完了時刻の最小化であり，最適解を求めるために列挙しなければならない作業順列は図1に示すようなブランチ図と

して図示することが可能である。ここで以下の考察を容易にするためレベルを導入する。すなわちレベルとは，ブランチ図における$J_1, J_2, \cdots, J_n$のサフィックスに対応するものである。一般に，レベル$(r+1)$においてはレベル(r)に列挙された各作業に対応するすべての順列の列挙を行なう。いいかえると，レベル$(r+1)$においては，レベル(r)における順列J_rに作業i_{r+1}が付加され，新らたに順列J_{r+1}が定まる。

図－1



この列挙法によって最適解を求めるということは，求めるべき順列J_nの組み合せが一般には$(n-1)!$通りあり実際上不可能な場合が多い。ここで本研究においてはブランチ・バウンド法を導入することによって，列挙する順列を合理的に減少させ，かつシステマティックに最適順列を決定する方法について述べる。

〔III〕 ブランチ・バウンド法による人員・機械配分計画法

上述の順列J_rに対応するプロジェクト完了時刻$\lambda(J_r)$は次のような性質をもつ。$\lambda(J_r) \leqq \lambda(J_n)$ 従って下界値$LB(J_r)$として$\lambda(J_r)$を用いることができる。$LB(J_r)$は次式によって計算される。$LB(J_r) = \lambda(J_{r-1}) + \Delta\lambda(J_r)$ $J_{r-1} \in J_r$ $\Delta\lambda(J_r)$は次式によりあらわされる。$\Delta\lambda_r = \max[ES_{i_r}^{(r)} - ES_{i_r}^{(r-1)} - TF_{i_r}^{(r-1)}, 0]$ $ES_{i_r}^{(r)} = \max[ES_{i_r}^{(r-1)}, EF_{i}^{(r-1)}]$ ここで$\Delta\lambda_r$はレベルrにおいて，順列J_{r-1}に作業i_rを加えて順列J_rをつくった場合に対応するプロジェクト完了時刻の増分，i_{r-1}はレベル$(r-1)$において，順列J_{r-1}をつくる際に，順列J_{r-2}に加えられる作業，i_rについても同様である。

ここで，下界値とは以下の性質をもつものである。r個$(1 \leqq r \leqq n)$の要素からなる順列J_rによるF(J_r)の下界値を$LB(J_r)$として示すと，$LB(J_r) \leqq LB(J_n)$ $J_n = (J_r, \bar{J_r})$ $\bar{J_r} = (i_{r+1}, i_{r+2}, \cdots, i_n)$ 従って順列J_rをつくって列挙を行ない，計算続行の必要があるかどうかの評価の基準として$LB(J_r)$を用いることができる。すなわち，まず始めにできるだけ小さい値をもつと思われる任意の$LB(J_n)$を求める。この結果を用いれば，この$LB(J_n)$より大きな$LB(J_{r-1})$をもつ順列J_{r-1}に対しては，新らたにJ_{r-1}に含まれない要素i_rをつけ加えることをしないで，$LB(J_n)$よりも小さな$LB(J_{r-1})$をもつ順列J_{r-1}に対してだけ，同様の操作をくりかえし，新らたな順列J_rをつくり$LB(J_r)$を計算すればよい。以上の手法によれば列挙する順列をできるだけ少なく，かつシステマティックに最適順序と最小完了時間が求められる。

〔IV〕 適用計算例

上述のブランチ・バウンド手法を新軍橋下部工事工程計画へ適用する。図-2のプロジェクトグラフにはすべてのインプットデータが付記されており，計算の結果求められた順序関係はダミーによって示されている。(計算のためのブランチ図は講演当日示すことにする。)

図－2