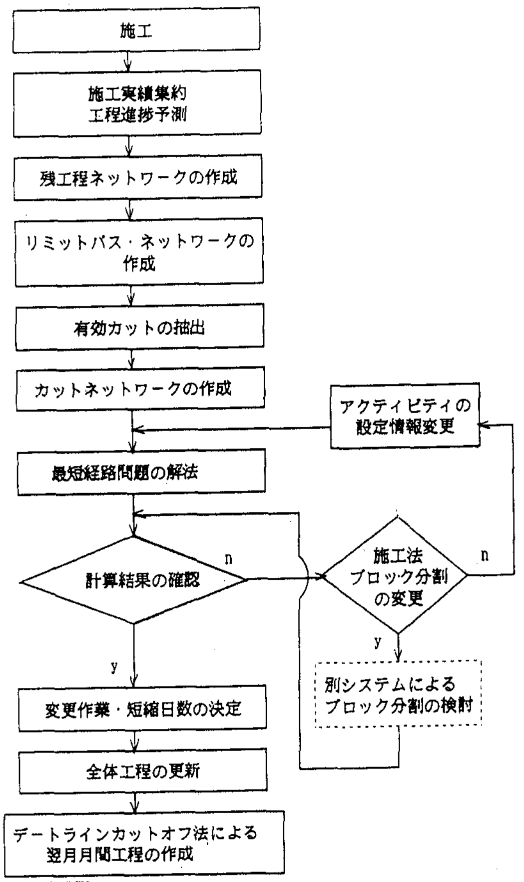
Ⅳ－69　Ｇｒａｐｈ理論を用いた工程管理におけるフォローアップ・モデルの開発研究

立命館大学理工学部　正　員　　春名　攻
立命館大学大学院　　学生員　○原田　満
立命館大学大学院　　学生員　　荒川　和久

１．はじめに

建設産業は、工事ごとに異なる場所・異なる条件下での受注産業であり、施工体制や施工方法に適した計画と管理が必要とされる。

そこで、本研究においては、施工管理段階の検討課題に着目し、計画工程と施工実績との比較検討によって計画の修正が必要と判断された場合の修正計画策定作業のシステム化を行うための基礎的研究として、グラフ理論を用いた工程短縮モデルの開発研究を行った。



図－１　工程フォローアップ検討プロセス

２．短縮カットの探索に関する考察

グラフ理論では、接続行列、閉路行列、カット行列の３つの行列のお互いの相互関係から、カットの自動探索が可能である。そこで本研究では、工期短縮のための作業日数の対象となるアクティビティの集合である短縮カットの自動探索方法を、以下のように考えた。まず、カットの成立する条件を整理すると、

条件１；工程ネットワークにおける任意のカットｍｉは、工程ネットワークを2分することが理解できる。すなわち、任意のカットに含まれる全作業の先行集合と可達集合の和集合は、工程ネットワークを構成する全作業を含んだものでなくてはならない。また、作業の順序関係は、工程表の種類にとらわれず、必ず存在している。この関係と先の条件とを用いれば、順序行列の可達行列を求めることにより、自動的にカット行列を求めることが可能である。

しかし、この方法で求めたカットは、ＣＰＭのような逆向きカットが含まれているため短縮とは反対に所要日数を長くすることによって、工程短縮を行う難解なアルゴリズムを持つこととなる。本研究がモデル開発の初期段階であることを考慮して、今回はこの逆向きカットを除外したカットを対象とすることとした。

条件２；任意のカットｍｉに含まれる作業Ｊjの可達集合Ｒ（Ｊj）には、作業Ｊj自身以外、カットに含まれる作業は存在しない。すなわち、カット上の作業間には順序関係が成立しない。

という２条件を用いることによって本研究では、短縮カットの自動探索方法を開発した。

３．カット間の順序関係に関する考察

本研究では、求められるカットの相互関係を考慮

することで、工程ネットワークで表される工期の短縮過程がより把握しやすくなると考え、カット間の関係記述にネットワークトポロジーの考えを導入した方法を導入することとした。

つまり、カットそのものがあくまでも作業の集合であることに着目すれば、作業および工程ネットワークのトポロジカルな特性が写像されていることが推測できる。すなわち、工程ネットワークにおける作業の順序関係がそのままカット間の関係においても成立すると考えられたので、この関係を用いれば、カットも工程ネットワークと同様に1つのネットワークとして描くことが可能である。また、求められた2つのカットが工程ネットワーク上で交錯する場合は、それらカット間で順序関係を持たないことであると理解できる。

なお、カットネットワークを作成するにあたっての各カット間の順序関係は、カット行列と作業の可達行列との関係から機械的に算出することが可能である。すなわち、m_i カットが所有する全ての作業が、m_j の所有する作業の可達集合にすべて含まれる場合、m_iはm_jの後続関係にあるという条件を用いればよい。

4．工期短縮モデルの定式化

本問題は、後述するように、最小費用を与えるカット集合の連ながりとしての経路問題となるが、その解法とは、D．P（動的計画法）を用いることが可能である。また、本研究は、短縮作業と取り上げる限られた作業郡からなるネットワーク、すなわち、リミットパスネットワークを対象としている。このことから、その性質を用いた制約条件式を考えることとし、つまり、a日短縮する必要があるとき、現在工期λ日を（λ－a）日とおいて求められるネットワーク中のマイナスフロートの最大値は、a日となるが、a日以外のマイナスフロートを b_K（ここで、k＝0～マイナスフロートの種類数）とすると、制約条件式は、次の(1)(2)式のように定義される。

$$A: \sum_{i=1}^{n_1} X_i = a \quad \text{------ (1)} \quad (n_1=\text{カットの本数})$$

$$B: \sum_{k=1}^{n_2} X_k \leqq b_k \quad \text{---- (2)} \quad (n_2=m_k\text{の本数})$$

つまり、これらの制約条件によって各カットの短縮にともなう費用の増加は変化するわけであり、全てのカットの短縮日数の和が①施工能力の変更可能範囲、②ブロック分割時、③必要短縮日数以内の3つの状態で各作業の1日当り増加費用が異なる。すなわち、

$$Gi = \sum_{j=1}^{n_3} \left(\sum_{t} Q_{jt} \right) \quad \text{----- (3)}$$

・Gi　--　カットmiにおける短縮費用（費用）
・Qj　--　作業Jjの1日当り短縮費用
・n_3　--　カットmiに含まれる作業数

また、本問題では、カットの可達行列から構造化手法を用いてつくられた各カットの階層構造（カット・ネットワーク）における各レベルを段階数として捉えている。

nを段階数とすると、各段階においての X_nのとりうる範囲は全て

$$0 \leqq X_i \leqq a$$

であり、また、目的関数は、総短縮費用として、以下のように定式化できる。

$$C(X_1, X_2, \cdots, X_n) = G_1(X_1) + G_2(X_2) + \cdots + G_i(X_i) \rightarrow \min. \quad \text{----- (4)}$$
$$(i=1\sim n)$$

さらに、各段階での短縮日数をK_jとすると

$$0 \leqq K_j \leqq a$$

となることから、D．Pの関数方程式は

$$C_N(K_n) = \min. \{G_n(X_i) + C_{N-1}(K_n - X_i)\} \quad \text{----- (5)}$$

となる。

5．おわりに

本研究では、工程フォローアップ作業のシステム化にあたって、グラフ理論を用いた工期短縮モデルの開発を行った。本モデルは、従来からあった短縮モデルより、より理解し安く簡素化されたものであり、また、人的判断を多く取り入れうことが可能である。また、今後は作業の短縮のみを考えることだけでなく、ＣＰＭのフローアルゴリズムのように短縮作業と延伸作業の組合せで工期短縮を考える方法の検討を進め、さらに、モデルの拡充と向上をはかっていく考えである。

（事例は講演当日示すこととする。）