

VI-124

空間的干渉を考慮した工程計画における最適ネットワーク作成法

東北大学 学生員 ○平田 克英
東北大学 正 員 湯沢 昭

1. はじめに

土木工事の工程計画においてはいろいろな手法が考えられている。従来、現場等で用いられているバーチャート式などは各作業の所要日数、作業の計画日程などが直観的にみてとれるが、先行・後続作業の関係、クリティカルパスなどが把握しにくい。このようなことから本論文ではネットワーク手法を導入し、工程ネットワークおよびスケジュールの作成を行うことにする。

ネットワーク及びスケジュール作成の際、施工技術や管理技術の組合せにより多種のネットワークが存在するはずである。しかしながら従来はその中のある決定したネットワークに対する最適解を求めているだけで、そのネットワーク自体を決定する問題ではなく、最適ネットワークの作成とは言いがたい状況である。

本論文ではネットワーク手法の1つであるPERTを用い作業間に技術的順序関係、管理的順序関係を組み込み最適ネットワーク作成について検討を行う。ここで技術的順序関係とは作業間で一意的に決定されるものであり、管理的順序関係とは資源やその他の条件により付加されるものである¹⁾。本論文では複数の作業が同一空間内で作業するという空間的干渉が生じた場合に付加する先行順序関係のことである。

2. ネットワークの作成

PERTのネットワークには表現方法としてアロー型、ノード型がある。前者はダミーノード、ダミーリンクを付加する必要があるが、また先行・後続作業関係がFS(Finish-Start)関係しかないためネットワークが複雑になる恐れがある。このため本論文ではノード型であるPrecedence Network(以下PNとする)を考える。これは先行・後続作業関係を定義できるので比較的容易にまた各作業間の順序関係をほぼ自由に記述できるようになる。さらに本論文では各作業に作業空間位置を付加してやることによ

り、空間的干渉を検討し何らかの先行・後続順序関係を考えることにする。

図1はPNネットワークの例である。実線は技術的順序関係を表している。

ここで作業1,2,3が空間的干渉を及ぼし合う場合、この作業間に付加する管理的順序関係は破

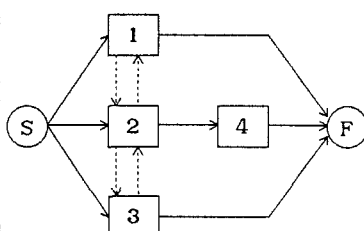


図1 PNネットワーク

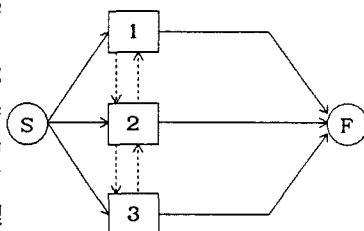


図2 ハミルトン開路

線に示す前後関係が考えられる。このうちどの順序関係を付加すべきかは、付加したことによりループを形成せずに全体の工期延長が最小となるものとする。この問題は空間的干渉を受ける全ての作業を直列的に通過してSからFに到る最短経路問題で、図2のように簡略化することによりSを出発しFに到る最短ハミルトン開路問題となりうる。さらにFからSへ破線を付加することにより巡回セールスマン問題となることが分かる。

3. サブネットワークの作成

技術的順序関係のみで構成されているネットワーク(以下原始ネットワーク)から空間的干渉を受ける作業のみ取り出したネットワークをサブネットワークとする。このサブネットワークにおいて巡回セールスマン問題を適用する。図3に原始ネットワークを示す。各アロー値は作業間のFS値でありノード内の値はその作業日数である。今、作業1,2,3,4が同一空間での作業とする。図4は原始ネットワークからこれら作業を取り出したものである。ここで各ノード間の値はそのノードに到る日数(ノード間

の作業日数やFS値を加えたもの)にそのノードの作業日数を加えたものである。図4のサブネットワークに対し最短ハミルトン閉路を求め管理的順序関係を決定する。

4. 複数の空間における複数の作業の干渉

N種のサブネットワークの一部が重複している場合、本論文では以下のような決定方法を提案する。

①それぞれのサブネットワークにおいて管理的順序関係およびZ値(総工期日数)を求める。

② $Z_{\max} = Z_k (k \in N)$

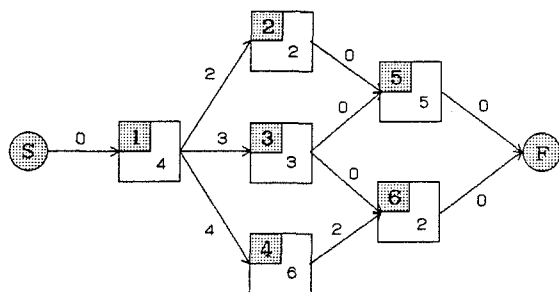


図3 原始ネットワーク

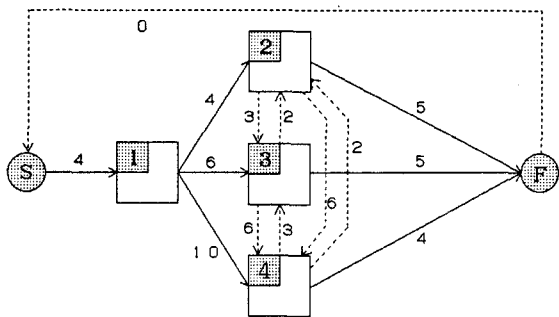


図4 ハミルトン閉路(空間1)

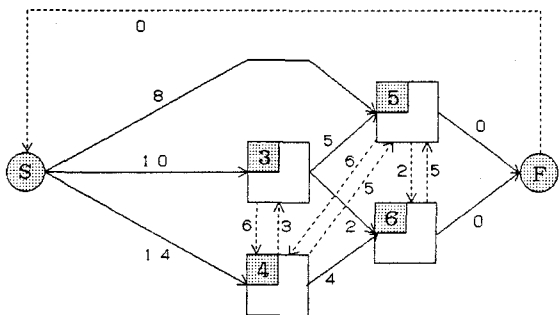


図5 ハミルトン閉路(空間2)

③第kサブネットワークでのリンクの向き(管理的順序関係)を固定する。

④第iサブネットワーク($i \in N, i \neq k$)においてZ値を求め直す。

⑤ $Z_i \leq Z_{\max} (i \in N, i \neq k)$ ならば③で固定したリンクの向きを決定する。

$Z_j > Z_{\max} (j \in N, j \neq k)$ ならば

$\max(Z_m; Z_m > Z_{\max}) \rightarrow Z_{\max}$

新たな $Z_{\max}$ となった $m \rightarrow k$ として③へ

例として図3の原始ネットワークにおいて作業1,2,3,4が同一空間(空間1)、また作業3,4,5,6が同一空間(空間2)の場合を考える(図4,5参照)。前節に従い、それぞれの空間において管理的順序関係を求め同時にそのサブネットワークの総工期日数 Z_1, Z_2 を求めておく。結果として、空間1では1,2,3,4の順序で $Z_1=21$ 、空間2では4,3,6,5の順序で $Z_2=24$ が得られる。ここで結果を重ね合わせると作業3,4でループを形成しているため、 $Z_1 < Z_2$ より空間2の時の管理的順序関係、つまり $4 \rightarrow 3$ を固定して改めて空間1のサブネットワークを計算すると1,2,4,3の順序で新たな $Z_1=22 (< Z_2)$ を得る。これにより作業3,4間の順序は $4 \rightarrow 3$ に決定され、さらに $2 \rightarrow 4, 6 \rightarrow 5$ という管理的順序関係が付加される。

5. 考察

複数の空間が互いに干渉し合っている場合、管理的順序関係を付加する問題がセールスマン問題に帰着することを示した。これにより管理的順序関係の重ね合わせによるループの発生を防止することは可能であるが、この重ね合わせによる解法が真の最適解を与えるかどうかはさらに検討の余地がある。

従来、PERTは時間的管理を目的とした手法であるが各作業に空間的データを付加することにより空間的干渉問題や、さらにはコンピューターによる図形処理も可能となり、より利用しやすい手法になるものと考えられる。

参考文献

1) 吉川和広・春名 攻: 施工計画における最適ネットワークの作成法に関する一考察, 土木学会論文報告集, No.182, pp.41-58, 1970