

清水建設土木技術部

神戸 国 夫

同上

正員。高崎 英 邦

1. 始めに 土木工事にPERT・CPMが導入されてかなりの年月が経つが、有益に活用されてきたとは言い難い。その理由の一つとして、工場生産と異なつて外的因子に作用され易い特殊性から、PERTの最重要点であるDurationの推定、又CPMにおいてはNormal・Crash Duration及びCostの算出に問題が残されてきたことが考えられる。工費・工期に最大の制約条件を持つ施工業者にとって、増々工事が複雑大規模化する今日、工程・原価・機械・資材・労務管理などの有効な手法を早急に開発する必要に迫られている。即ち、施工計画或いは後日の計画設計変更に際して、直ちに最適過程を見出し得るSystemを製作することである。本報では主としてDuration・Cost等の推定に関しての一考察を示す。

2. Duration の設定

(i) 多変量管理 一般に積算は、工事の施工法を決定して数量から算出され、そのコストは工程・機械・資材・労務等の変数により構成されている。又、各々には制約条件を付けられているのが普通である。

$$C = f(t, x^1, x^2, x^3) \quad (1)$$

$$\text{制約条件 } t_{\min} \leq t \leq t_{\max}, \quad x_{\min}^m \leq x^m \leq x_{\max}^m \quad (m=1,2,3) \quad (2)$$

ここで、 C : Cost, x^1 : 機械, x^2 : 資材, x^3 : 労務量, t : Duration

Cost-minimum を最適解とすれば、(1) 式は (2) の制約条件を持つ数理計画法の問題となり、1工種についての最適Durationが求められる。しかし一般的にはネットワークの経路に沿つて各工種の諸変数を決めねばならない。(1)(2) を書き換えて、

$$\sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=1}^n f_i(t_i, x_i^1, x_i^2, x_i^3) \quad (3)$$

$$T_{\min} \leq \sum_{i=1}^n t_i \leq T_{\max}, \quad x_{i,\min}^m \leq x_i^m \leq x_{i,\max}^m \quad (m=1,2,3) \quad (4)$$

(但し、 i はネットワークの経路に沿つての作業順序を示す)

工事の複雑さによっては多数のSimulationを必要とするので、(1) 式を適用するのはその実用性及び効果から言つて、重要な、高価な、長期に渡る、或いは変数の微動がCostに大きく作用する工種に限るべきであろう。施工時に計画変更を余儀なくされた際、PERTが無効化している理由の一つは、短時間に論理的根拠をもってDurationの変更を決定することが困難な点であるので、(3)

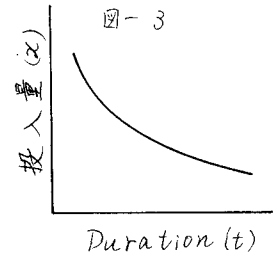
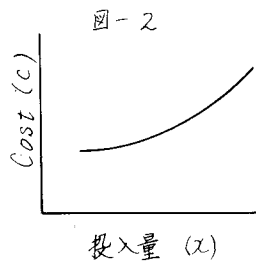
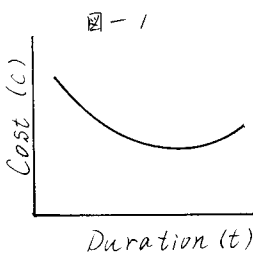
(4) 式を用いてFollow up 時の最適解を見出し得るコンピュータ・システムを開発しておく必要がある。多変数の方程式(1)を定めるについては困難が予想されるが、次のことを考慮すれば求め易くなると思われる。

- $C = f_1(t, x^1) + f_2(t, x^2) + f_3(t, x^3)$ のように分解可能な工種も多い。
- 工種によっては無視できる変数を除外し、なるべく簡易な式形にする。
- 独立及び従属変数を工種によって見出す。

代表的工種については、実用的な精度の範囲で (1) 式の関数を見い出しておくことが望ましく、次に1.2の手法を記す。

(ii) 判定手法 作業測定的基础である時間研究の手法として、① 経験見積法 ② 直接測定法 ③ 実績資料法 などがある。ここでは② 及び ③ の方法により解析せねばならず、しかも静的でなく動的時間評価を必要とする。対象とするのは直接コスト・間接コストで、市場利益のロスは近似的に、

$C_e = f_e(T) = aT + b$ ここで、 T : 工期 a, b : 定数 ——— (5)
 の一次式で表せよう。最初に、 $C = f(t, x^1, x^2, x^3) = f_1(t, x^1) + f_2(t, x^2) + f_3(t, x^3)$
 で表せる工種を考える。Cost, Duration, 投入量(機械・資材・労務量)を各々一定とした際の関係は、図-1, 2, 3のごとくになることが知られている。



上図の低減或いは上昇曲線を、実務上の便から二次曲線近似とし、 $Cost(C) \sim Duration$
 $\sim$ 投入量(x)の関係を楕円放物曲面の形式で表す。

$$C = a_1 t^2 + a_2 t x + a_3 x^2 + a_4 t + a_5 x + a_6 \quad (6)$$

$$t_{min} \leq t \leq t_{max}, \quad x_{min} \leq x \leq x_{max} \quad (7)$$

(6)式を定めるには6個以上の資料を必要とするが、代表的工種については実績資料法により、7測点を与え、以後直接測定法により補正してゆく。現在、積算システムが各所で開発されつつあって、Durationの算出も組み込んでおけば、(6)式の測点として便である。 図-4

工種によっては他の平面・曲面或いは超曲面式近似の例が出てくると推定されるが、実用上からなるべく式形を少なくした方が(3)式の解法を容易にする。System Flowを図-4に示しているが、(1)式のCost minimumによって求めた解を用いてSchedulingした結果、工期内に納まっておれば良いが、その他のときには(3)式をminimumにするのが最適工程計画となる。

3. 終りに 工期短縮を効率良く実施できるシステムを開発することは、施工企業体にとって安全・公害対策とともに最も重要な主題の一つである。PERT・CPMトータル・システムのプロセス制御を計り、集中管理方式を検討していく必要がある。本法による事例研究は講演時に示す。

参考文献: * PERT・CPMに関する論理判断機構の導入・神戸、高崎・

西部支部研究発表要集、S46 * 施工技術者のためのネットワークプランニング・宮内、宇津橋・旧刊工業・他

