

清水建設土木技術部

神戸国夫

同上

正員 〇高崎英邦

I 概要 工程をPERTによって管理する場面が徐々に増えつつある。しかしながら実務に携わる側からすれば、全面的に採用するには未だ不満な点がいくつか存在する様である。本報では、今迄焦点の当てられることの少なかった float に注目し、有効に運用することによって工事の円滑化や作業所運営システムとの融合の可能性を検討する。

工事中作業所においては一般に忙しい時期と閑な時期が在り、又職員についてもそうである。即ち、このことは activity における float を活用することによって manpower (ここでは特に作業所職員を対象とする) の配分を調整し、ひいては工事全体の円滑化を計る一法とならないかどうかを暗示している。PERT を構成する activity を各工種に分解することにより忙しさの程度を表す概念を導入し、それを activity に付加して多様性を与えた後、float を別の観点から捕えて model 化し評価関数を誘導する。N において上記目的の可能性を考察する。

II MODEL の作成 或る工事 W はいくつかの activity ($A_i, i=1, 2, \dots, n$) の集合により構成され、又 A_i は例えば型枠工・鉄筋組立工などのような工種 ($e_{ij}, j=1, 2, \dots, m_i$) の集合より成っている。これを次式のように表示する。

$$W \ni A_i, \quad A_i \ni e_{ij} \quad (1)$$

各工種 e_{ij} は当然のことながら忙しさの程度が異っているので、各々にその尺度を表す関数 $g_{ij}(t)$ とタイム・スケールを付加して与える。activity A_i についてのその忙しさの程度を表す関数(仮に忙度関数と呼んでおく) $G_i(t)$ は、(2)式で表現できよう。

$$G_i(t) = \sum_{j=1}^{m_i} g_{ij}(t) \quad \text{但し, } 0 \leq t \leq T_i, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

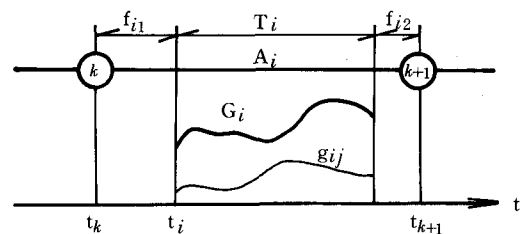
PERT の 1 activity を取り出して模型化したのが右図であり、工事開始からの時間を t で表せば (2)式は(3)式のごとく座標変換される。

$$G_i(t - t_i) = \sum_{j=1}^{m_i} g_{ij}(t - t_i)$$

$$t_k \leq t_i \leq t_k + f_i \quad (3)$$

ここで、float f_i は duration の前後に分割可能なことを付記しておく。(3)式を全工程に渡って total したものが、この工事の忙度関数となり(4)式で示される。

$$G(t) = \sum_{i=1}^n G_i(t - t_i) \quad t_k \leq t_i \leq t_k + f_i, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (4)$$



T_i : duration

$f_{i1} + f_{i2} = f_i$: float

III 評価関数の誘導 忙しさの程度(忙度)は全工期を通じて、凹凸の少ない平滑なことが望ましい。即ち、(4)式をより直線に近くすれば良い。各 t_i を合理的に決定する問題であり、ここでは平均値からの距離の自乗和が最小になるものを最適忙度関数とする。平均値は全工期に渡る時間平均を算出すれば良く、これは各 activity の忙度関数(2)式)を用いて簡単に求まる。

$$MG = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} G(t) dt = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \sum_{i=1}^n G_i(t-t_i) dt = \frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n \int_0^{T_i} G_i(t) dt \quad (5)$$

又、評価関数は (6) 式で定義できる。

$$E_f = \int_0^{T_0} |G(t) - MG|^2 dt \quad (\text{但し, } T_0 : \text{工期}) \quad (6)$$

$E_f \rightarrow \min$ になるように t_i を決定するのだが、このままでは解を求めるのが困難なので、次のように変形してみる。

$$\begin{aligned} &= \int_0^{T_0} \left| \sum_{i=1}^n G_i(t-t_i) - MG \right|^2 dt = \int_0^{T_0} \left[\left\{ \sum_{i=1}^n G_i(t-t_i) \right\}^2 - 2MG \sum_{i=1}^n G_i(t-t_i) + MG^2 \right] dt \\ &= \int_0^{T_0} \left[\sum_{i=1}^n G_i^2(t-t_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{h=i+1}^n G_i(t-t_i) \cdot G_h(t-t_h) - 2MG \sum_{i=1}^n G_i(t-t_i) + MG^2 \right] dt \\ &= \sum_{i=1}^n \int_0^{T_i} G_i^2(t) dt + 2 \int_0^{T_0} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{h=i+1}^n G_i(t-t_i) \cdot G_h(t-t_h) dt - 2MG \sum_{i=1}^n \int_0^{T_i} G_i(t) dt + MG^2 \int_0^{T_0} dt \end{aligned} \quad (6)'$$

(6)' 式における第 1, 3, 4 項は、他の activity と各々独立なので計算可能、即ち定数となり、第 2 項を最小にするように忙度関数を決定すれば良いことが解る。改めて第 2 項を 2 で除したのを評価関数 E_f と置く。

$$E_f = \int_0^{T_0} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{h=i+1}^n G_i(t-t_i) \cdot G_h(t-t_h) dt \quad (7)$$

(但し, $t_k \leq t_i \leq t_k + f_i$)

評価関数 (7) 式に若干の検討を加えてみると、時間的に G_i と G_h がラップする際のみ式としてその項に意味があり、又、activity が series になっている場合の $G_i \cdot G_h = 0$ となる。これらを考慮し、(2) 式の $G_i(t)$ を差分化して (7) 式に適用すると、解を求めることは比較的容易になる。平均忙度 MG の他に $G_i(t)$ を用いて、その工事を表示するいくつかの諸量が定義できる。

$$WG = \int_0^{T_0} G(t) dt = T_0 \cdot MG, \quad UG = WG/S \quad (8)(9)$$

(S : 職員数)

前者はその工事全体の忙度量を表し、後者は作業所職員 1 人当りの忙度量を示し、いずれも他工事との比較が $G_i(t)$ を決めるパラメーターが等しい場合には可能である。

IV 考察 本法を用いて最適な float 配分を決定しようとする場合、忙度関数 $G_i(t)$ をいかにして設定するかが問題となる。これを見積るパラメーターとして、材料施工費或いは物量のような言わば客観的の量を取るのと、経験・実績即ち主観性の強い量に依る場合が考えられる。工事全体の種々の activity を同じパラメーターで表示する必要があるので、この問題については検討の余地が多い。多数の現場担当者にアンケート調査する計画も要求されようが、しかし実用的見地からは G_i を詳細に決定する必要は無い。この様な方法で滑らかな最適忙度関数 ((7) 式 $\rightarrow \min$ にする t_i を (4) 式に代入したもの) が決定できれば、作業所運営システムを構成する一助となろう。即ち職員の配員計画、仕事量の管理、又これから先の仕事の見通しを与えることが可能となる。

(I) 式は従来の工程管理技法の原点に立ち返って、即ち工事を分解していることを意味している。現在の一般化された Network 手法は、作業所運営システムとの直接的な関連性に乏しく、両者の有機的な Total-system を構築するには不満足な面がいくつか存在している。工事全体を、人間・機械・工種等を問わず、systematic に補えて集中管理するのを目指すには、種々の要素に分解し、妥当な概念を付加して再構成して行くのに一つの活路があると考えられる。