

6S-1

仕事の前後倒し、削除を考慮した
PERT/LOADの拡張

都島 功、 薦田 憲久
(株)日立製作所 システム開発研究所

1. まえがき 与えられた仕事を限られた資源(人員)により完成させるためには、各資源に、何時、どのような仕事を実施させるかの作業計画を適切に立案することが重要である(この計画問題は資源配分問題と呼ばれる)。そのためには、仕事の負荷を資源容量内に納めるように、各種制約条件下で仕事の実施時刻を遅らせたり(仕事の後倒し)、早めたり(仕事の前倒し)、場合によっては、仕事を削除するという負荷平滑化が必要である。本講演では、PERT/LOADを拡張し、それらの負荷平滑化機能を実現した資源配分手法について述べる。

2. 資源配分問題の定義 提案手法が対象とする資源配分問題を以下に示す。

(1) 資源配分問題を定義する変数

(a) 資源 : 資源の種類は1種類とし、確保可能な資源容量(人員)の時間分布を $r(t)$ for $t_1 \leq t \leq t_2$ とする。なお、 $t_1 \leq t \leq t_2$ は、資源の使用可能時間帯である。

(b) 仕事 : 各仕事は j で区別し、以下の属性を持つものとする。なお、仕事の集合を J とする。

(i) 各仕事からみた最適実施時刻: t_j^{OPT} , $j \in J$

(ii) 仕事 j の仕事量: (p_j, q_j) , $j \in J$ 、但し、 p_j : 必要資源容量(人員)、 q_j : 処理時間

(iii) 仕事の後倒し、前倒し、削除手段の適用優先順位: u_{jk} , $j \in J$, $k = 1, 2, 3$

負荷平滑化のため、仕事の後倒し、前倒し、削除の3つの手段を導入する。 u_{j1} , u_{j2} , u_{j3} をそれぞれ、後倒し、前倒し、削除手段の適用優先度とする。異なった仕事に同一の優先度を設定してもよく、1つの仕事に複数の手段の適用を許す。

(iv) 仕事の後倒し、前倒し、削除手段の適用指定時間帯: $[a_{jk}^L, a_{jk}^U]$, $j \in J$, $k = 1, 2, 3$

(v) 仕事間の実施順序の規制: これは、PERT図で記述できる。この規制から、後倒し、前倒し、削除の可能な時間帯が限定される。

PERT/LOADとの違いは、PERT/LOADでは、 t_j^{OPT} , u_{j2} , u_{j3} が考慮されていなかった点である。

(2) 資源配分問題の解を表わす変数

各仕事 j の実施時刻: t_j , $j \in J$

(3) 評価尺度 : 負荷が平滑化されたか否かの判定は、次式に示すように、時間帯 $[t_1, t_2]$ の全ての時刻 t において、負荷 $L(t)$ が資源容量内に納められたこととする。

$$g(t) = r(t) - L(t) \geq 0 \quad \text{for all } t \in [t_1, t_2]$$

なお、 $r(t) - L(t) < 0$ なる t が存在する場合には、以下に示す、資源容量と負荷の差の2乗和 h を最小にするように負荷山崩しをする。

$$h = \sum_{t=t_1}^{t_2} \{r(t) - L(t)\}^2 \rightarrow \min.$$

3. 提案方式 PERT/LOADでは、まず、各仕事の仕事量 (p_j, q_j) を仮に最も早く開始できる最早開始時刻 t_j^{ES} に割り付けた負荷山積み計画を立てる。次に、負荷が資源容量内に納まるように、仕事の後倒し(負荷山崩し)を行う。このPERT/LOADを拡張したものが提案方式であり、その拡張点は次の通りである。

(1) 負荷の山積みでは、各仕事の実施時刻 t_j を、PERT/LOADのように、一意的に最早開始時刻に割り付けるのではなく、各仕事から見た最適実施時刻 t_j^{OPT} , $j \in J$ に割り付ける。例えば、締切のある仕事の実施時刻は、納期ぎりぎりが望ましく、最遅開始時刻に割り付けられる。

(2) 負荷山崩しでは、仕事間の実施順序の規制等をもとに計算される自由フロート(実施時刻の変更が可能

な余裕時間)FF_jに着目するが、PERT/LOADのフロートは、後倒し用のフロートである。そこで、前倒し用の自由フロートLFF_jを導入する(従来のフロートは、RFF_jとする)。LFF_jは、従来のフロートの計算式で時間軸を逆にすれば求められる。

(3)仕事によっては、できる限り、後倒し、前倒し、削除を実施したくないものがある。PERT/LOADでは(後倒ししか扱えない)、その点が考慮できない。しかも、負荷平滑化の評価尺度がhのみであり、ほとんどの場合、クリティカルパスを構成する仕事以外は、その実施時刻が負荷山積み時のものと異なってしまう。この解決のため、まず、後倒し、前倒し、削除手段の適用優先度 u_{jk} が最も高い仕事群のみで評価尺度hのもと、負荷平滑化を行う。その結果、評価尺度gを満たさなければ、負荷平滑化対象の仕事の範囲を拡大しながら負荷平滑化を実施していき、評価尺度gを満足した時点で、処理を完了する。

(4)負荷平滑化対象として抽出された仕事群において、どの仕事から後倒し、前倒し、削除を優先的に実施していくかについて述べる。後倒し適用の仕事では、PERT/LOADと同じように、終りノード番号 n_j^E の大きい仕事を最優先する。但し、 n_j^E が同一の仕事が複数個ある場合には、PERT/LOADと異なり、RFF_jが小さい作業を優先する。これは、逐次計算法では、一般に、自由度の小さい手を打っていくことが、全体として適切な解を得られるためである。一方、前倒し適用の仕事に対しては、仕事の実施時刻を早めていくため、始めノード番号 n_j^S の小さい仕事を優先する。但し、 n_j^S が同一の仕事が複数個ある場合には、LFF_jが小さい仕事を優先する。なお、削除は極力避けたいため、後倒し、前倒しを削除より優先する。前倒し適用対象の仕事と後倒し適用対象の仕事の両者のうち、どちらから適用するかは、それぞれの最優先適用対象の仕事のうち、自由フロートの小さい方を選択する。

4. 適用例

ある例(仕事は①～⑧の8種類。仕事①は、仕事⑤、⑥に、仕事⑤は仕事⑥に先行)に対し、提案方式を適用した負荷平滑化結果を図1に示す。また、PERT/LOADの適用結果を図2に示す。この例では、提案方式により、仕事を資源容量内に納めることができた。一方、PERT/LOADでは、負荷が資源容量をオーバーした。これから、提案方式はPERT/LOADに比べ、適切な負荷平滑化の可能なことがわかった。

図中で、→は仕事の後倒しを、←は仕事の前倒しを実施したことを示す。提案方式では、図1に示すように、最適実施時刻に実施できなくなった仕事が③、⑦のみに対して、PERT/LOADの結果では、仕事①のみが最適実施時刻で実施できることを示している。このことから、提案方式では、数多くの仕事に対して最適実施時刻が守れる結果の得られることがわかった。

5. あとがき 提案した資源配分手法は、実際の計画業務に即した解が求められるものである。また、流通、生産などの広い分野の計画業務に適用可能である。

参考文献 都島他：流通業向・ワークスケジューリングシステムにおける作業割付方式、情報処理学会第34回(昭和62年前期)全国大会、2G-4, pp2161-2162(昭和62-3)

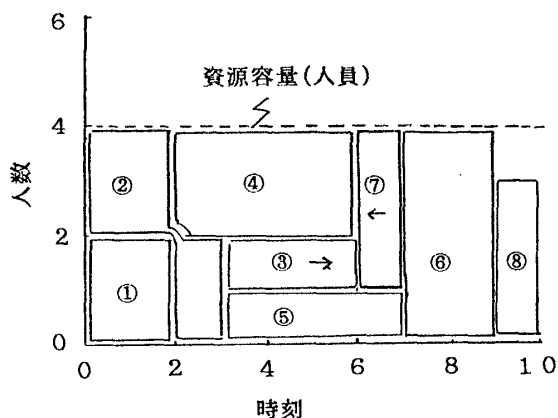


図1 提案方式による負荷平滑化結果

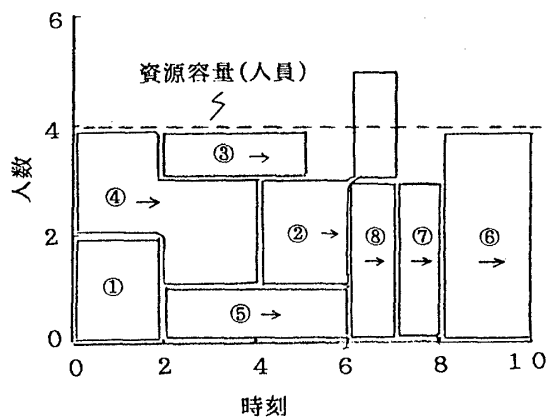


図2 PERT/LOADによる負荷平滑化結果