

需要平滑化を指向する工程計画変更案探索への GA の適用に関する基礎的考察

九州共立大学工学部 学生員 梶本 誠
九州共立大学大学院 正会員 三原 徹 治
九州共立大学大学院 非会員 趙 華 安
第一復建(株) 正会員 千々岩浩巳

1. はじめに

建築工事などのプロジェクトには多くの作業があり、作業 A が完了しないと作業 B に着手できないという順序関係が複雑に絡み合っている。PERT/CPM はそのようなプロジェクトを管理する手法として広く用いられている。この場合、クリティカルパス上の余裕がない (TF=0) の作業を重点的に管理することに主眼がおかれる。非クリティカル作業については少々の遅れが出て余裕 (TF>0) の範囲内であればプロジェクト全体のスケジュールには影響しないので、余裕範囲において作業の開始時刻 (TS) が調整できるからである。

このため、非クリティカル作業の TS には、一般に最早開始時刻 ES または最遅開始時刻 LS が利用される。しかし、TS の違いにより単位作業時間あたりの資源 (人員、電力、設備など) 需要量が一般に大きく変動し、資源の有効利用の観点からの問題点とされている。この問題点に対しては種々の対処法が考えられるが、対象とする資源が事業所における電力のようなものであるときには契約電力量を小さくすることができるというメリットから需要平滑化も有力な対処法である。図 1(a) はあるプロジェクトにおいて、非クリティカル作業を ES で計画した場合の需要量変動のイメージであり、図 1(b) は需要量の変動幅が最小となるように TS を最適化して需要平滑化を図った場合の需要量変動のイメージである。

本研究は、非クリティカル作業の TF を利用して非クリティカル作業の TS を調整し、需要平滑化を指向する工程計画の変更案を探索するために、最適化手法として遺伝的アルゴリズム GA を適用するための基礎的な検討を行うものである。

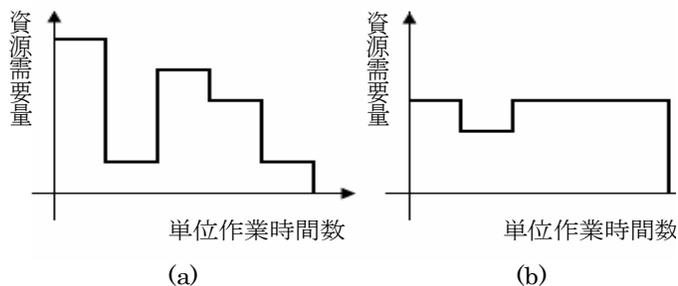


図-1 需要量変動のイメージ (a)TS=ES (b)平滑化後

2. 平滑化のための最適性規準

需要量の平滑化の指標として、式(1)に示す需要量の偏差平方和 s^2 の最小化を採用する。ただし、 $r(t)$: 第 t 作業時刻の需要量、 r^* : 需要量の平均値、 T : プロジェクト期間である。

$$\text{Minimize} \left[s^2 = \sum_{t=1}^T (r(t) - r^*)^2 \right] \quad (1)$$

3. 非クリティカル作業の作業開始時刻の最適化

(1) 非クリティカル作業 k の作業開始時刻 TS_k の調整 : 非クリティカル作業 k のトータルフロート TF_k を利用して、作業開始時刻 TS_k を式(2)に示すように最早開始時刻 ES_k に $\alpha_k = 0, 1, \dots, TF_k$ なる α_k を加える方法で調整する。

$$TS_k = ES_k + \alpha_k \quad (\text{ただし, } \alpha_k = 0, 1, \dots, TF_k) \quad (2)$$

(2) scsGA のための遺伝子線列構成 : 著者らが独自に開発した scsGA を最適化ツールとして用いる場合、工程計画の変更案を表現する遺伝子線列が必要となる。ここでは、(ダミー作業および需要量=0 の作業を除く) 非クリティカル作業 k のみに関して、そのトータルフロート TF_k を表現できる最小の 2 進数線列を、非クリティカル作業の数だけ並べた線列を scsGA による最適化計算の遺伝子線列として用いる。

4. 数値実験

ノード数=5, 作業数=6 の小さなプロジェクト 0506 モデルを対象とした数値実験を行った。モデルのグラフと CPM 解析結果を表-1 に示す (表-1 において D_k は作業時間, r_k は単位時間あたりの需要量, LF_k は最遅

終了時刻である). 作業 1, 4と 6がクリティカル作業, プロジェクト期間 $T=10$ である. したがって, 非クリティカル作業 2, 3と 5が調整対象作業となる. 全作業の $TS_k = ES_k$ とした場合の需要分布は図-2 に示すようになり, $s^2=16$ とかなり大きいバラツキである. これに対して, scsGA パラメータを全個体設定数 $N_P=6$, 交配個体数 $N_S=2,3$, 突然変異発生確

率 $P_m=0.3$, 計算世代数 $N_G=10$ として最適化計算を行うと, 作業 2, 3, 5の $\alpha_k = 3,1,0$, $s^2=8$ の解が得られた. その需要分布は図-3のように図-2に比較して需要平滑化が図られていることがわかる.

表-1 0506 モデルのグラフと CPM 解析結果

k	始点	終点	D_k	r_k	先行作業	ES_k	LF_k	TF_k
1	①	②	3	4	ナシ	0	3	0
2	①	③	2	1	ナシ	0	6	4
3	②	③	2	1	1	3	6	1
4	②	④	6	1	1	3	9	0
5	③	⑤	4	1	2, 3	5	10	1
6	④	⑤	1	4	4	9	10	0

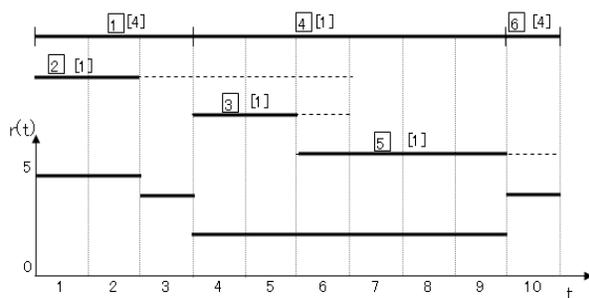
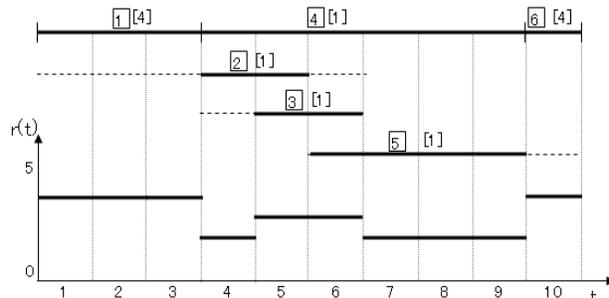
図-2 全作業の $TS_k = ES_k$ の場合の需要分布

図-3 式(2)による平滑化後の需要分布

しかし, 図-3を吟味すると $t=6$ で作業 3と 5が並行実施される案であり, 「3が5の先行作業」という条件を満たしていないことがわかる.

5. 先行作業条件を考慮した調整方法

式(2)による調整では先行作業条件が満足されない解が得られることがあるので, 常に先行作業条件を満足するよう TS_k の算出式を以下のように変更する.

作業 k の全先行作業の作業終了時刻のうち最大のものを β_k とする. $\beta_k \leq ES_k$ の場合には作業 k の全先行作業は作業 k の開始時刻より前に終了しているので, TS_k は式(2)で算出することができる. しかし, $\beta_k > ES_k$ の場合には作業 k を本来の最早開始時刻 ES_k に開始した場合などには先行作業条件が満足されなくなるので β_k に $\alpha_k = 0,1,\dots,TF_k - (\beta_k - ES_k)$ なる α_k を加えたものを作業開始時刻 TS_k としなければならず, 式(3)がその算出式となる.

$$TS_k = \beta_k + \alpha_k \quad (\text{ただし, } \alpha_k = 0,1,\dots,TF_k - (\beta_k - ES_k)) \quad (3)$$

if $\bullet \geq 0$ then $[\bullet] = \bullet$ else $[\bullet] = 0$ という演算を意味する McComick branch により式(2),(3)は式(4)のように統合表現される.

$$TS_k = ES_k + [\beta_k - ES_k] + \alpha_k$$

$$(\text{ただし, } \alpha_k = 0,1,\dots,TF_k - [\beta_k - ES_k]) \quad (4)$$

6. 先行手続による数値実験

0506 モデルに対して式(4)による最適化計算を行った. 用いた scsGA パラメータは先の例とまったく同じである. 作業 2, 3, 5の $\alpha_k = 3,0,0$, $s^2=8$ の解が得られた. s^2 値は式(2)の場合と同じであるが, その需要分布は図-4のようになり, 先行作業条件が犯されていないことがわかる.

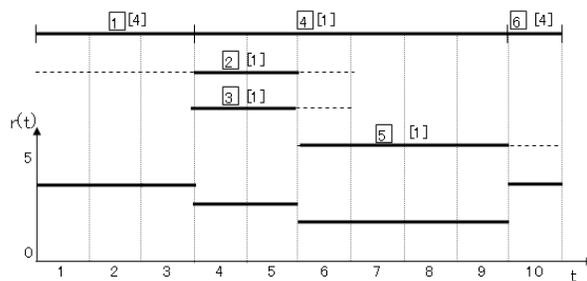


図-4 式(4)による平滑化後の需要分布