

GA によるプロジェクトスケジューリングモデルの一構成法

徳島大学大学院 学生員 ○吉田 健
徳島大学工学部 学生員 田中 俊明

徳島大学工学部 正会員 滑川 達

1. はじめに

プロジェクトスケジューリング問題は、一種の組合せ最適化問題として定式化され、これまでも山崩し法などを代表に多くの近似解法の研究がなされている。特に最近の傾向としては、制約条件や計画目標が多種多様な問題に対応可能となるよう遺伝的アルゴリズム（GA）の適用が検討されている。GA をプロジェクトスケジューリング問題に適用し、効果的な探索過程を実現するためには、次のような構成法の工夫が重要である。すなわち、a) GA による探索空間内の個体から問題空間内の解候補への変換（対応）が“1対1”あるいは“多対1”になるように、問題の定式化段階における決定変数ならびに個体表現としての探索空間を定める、さらにb) 表現型への変換部分に、“スケジュールの代替案として検討に値する”ある程度良い解のみが求められる手続きを組込む、というアプローチが効果的である。本研究においては、以上の事項を満足し得る問題の定式化、個体表現、表現型への変換方法の検討を通して、プロジェクトスケジューリング問題のためのGAの新たな構成方法を提案する。

2. 問題の定式化

作業数 m をもつプロジェクトのスケジュールは、作業間の順序関係からみても資源の投入量制約からみても「開始可能」となった時刻にすぐさま作業を開始するものと仮定することにより、 $m \times m$ のマトリックス（以下スケジュールマトリックス）として表すことができる。そして、実行可能なスケジュールは、以下のような条件を満たしていなければならない。

$$\sum_{k=1}^m a_{ik} x_k = d_i \quad \text{for all } i \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ik} w_i = W \quad \text{for all } k \quad (2.2)$$

$$\text{if } a_{ik} = 1 \cap a_{i'k} = 1$$

$$\text{then } R_{i'k} = 0 \quad \text{for all } k \quad (2.3)$$

$$x_k \geq 0 \quad \text{for all } k \quad (2.4)$$

ここで、 a_{ik} ；スケジュールマトリックスの k 列における作業 i の実施状態、（1 or 0）、 d_i ；作業 i の所要日数、 x_k ； k 列の区間長で式（2.1）の連立方程式を解くことによって求められる、 w_i ；作業 i の必要資源数、 W ；資源制約、 $R_{i'k}$ ；工程ネットワークの可達行列の要素、である。さらにここでは、表-1のような4つの代表的な計画目標を取り上げることとする。

3. 個体表現

表-1 計画目標

工期の最小化	$\min T_d = \sum_k x_k \dots\dots\dots(1)$
最大投入資源量の最小化	$\min R_MAX = \max_j \sum_i a_{ij} \cdot w_i \dots\dots(2)$
投入資源の平滑化	$\min H = \sum_i (a_{ij} \cdot r_i)^2 \dots\dots\dots(3)$
資源使用効率の最大化	$\max E = (\sum_i r_i \cdot d_i) / T_d \cdot R \dots\dots(4)$

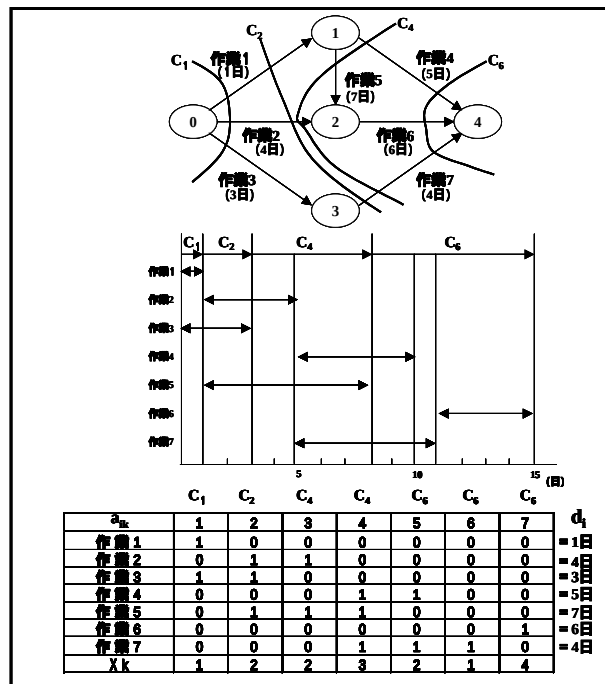


図-1 カットパスとスケジュールの関係

キーワード プロジェクトスケジューリング 遺伝的アルゴリズム

連絡先 〒770-0814 徳島市南常三島2-1 TEL 088-656-9877 FAX 088-656-7579

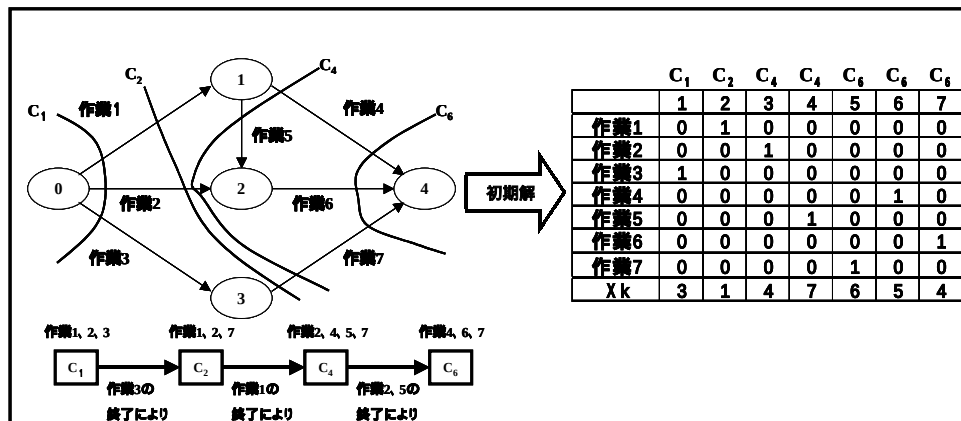


図 - 2 カットパスにもとづく初期スケジュールの設定

春名、滑川¹⁾は、工程ネットワークの作業間順序関係と同時着手可能な並列作業群として求められるカット間の順序関係に等価変換したカットネットワークの作成方法を提案している。ここでは、このカットネットワークの任意の経路（以下カットパス）に着目し、前述した実行可能なスケジュールマトリックスとの関係を考察する。まず、図 - 1 に示したように、実行可能なスケジュールは対応するカットパスの遷移過程として捉えることが可能である。換言すれば、任意のカットパスのカット間順序関係に従ってスケジュールマトリックスの各列の実施状態を決定していくことにより、式（2.3）のような作業間順序に関する制約を満たすスケジュールが必ず求められるとともに、カットパスを変化させることにより、様々な代替案を作成することが可能となる。このため、本研究では、このカットパスを個体として採用する。

4. 表現型への変換方法

ここでの表現型への変換とは、個体としてのカットパスにもとづいて、代替案としてのスケジュールマトリックス $\{a_{ik}\}$ を求めることを意味する。すなわち、まず生成されたカットパスにおいて、1) 現レベルから次レベルへのカットの遷移を決定している作業を順次各列へ一つの作業のみが実施されているように配分する。2) 遷移を決定している作業が複数存在する場合は、それらの作業がはじめて現れるカットのレベルが小さい作業を優先して配分することにより、図 - 2 のような初期スケジュールとマトリックスの各列が対応するカットを設定する。なお、この初期スケジュールは各カットパスごとに完全にユニークである。そして、図 - 3 に示したプロセス

のような列生成法による改良収束計算を行うことにより、1. a) b) で述べた変換が実現されることとなる。なお、適合度 F は表 - 1 の各計画目標を次のように標準化し求める。

(1) 式 ~ (3) 式につ

いて

$$f_i = (X_{\max} - X) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (i=1,2,3)$$

(4) 式について

$$f_4 = E$$

適合度関数について

$$F = \alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + \alpha_3 f_3 + \alpha_4 f_4 \quad \sum_{i=1}^4 \alpha_i = 1$$

ここで、 α_i は各目標のウェイトであり計画者が設定することとする。

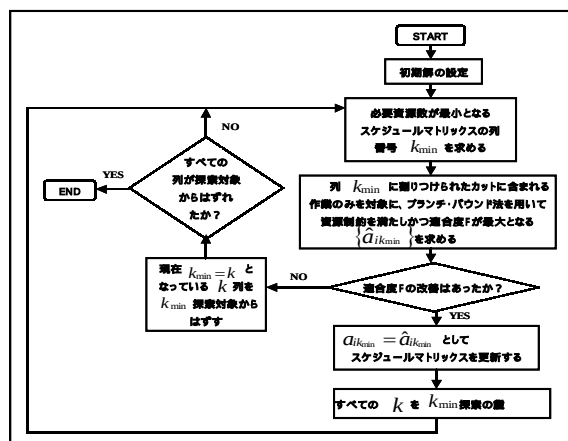


図 - 3 列生成による改良収束計算フロー

5. おわりに

以上の検討にもとづき本研究では、再生、交叉、突然変異などのGAオペレータを含む全体アルゴリズムを構築するとともに、このアルゴリズムを例題ネットワークに適用し、山崩し法や既存のGA構成法との比較を行っているが、これらについては、紙面の関係上割愛し、発表時に示すこととする。

参考文献

1) 春名攻, 滑川達: PERT/MANPOWER 問題の最適解法の開発研究—カットネットワークにおける最適資源配分問題への変換を用いた新しい解法—, 土木計画学・論文集 No.15, pp.41-48, 1998.