

マンスケジュールリングにおける ヒューリスティック解法の有効性比較

信州大学工学部 正会員 奥谷 巖
信州大学大学院 学生会員 ○小笠原 貴道

1. 概説

プロジェクトスケジュールリングにおいて、作業員や資材などの資源の利用を取り扱う重要な問題として、マンスケジュールリング問題がある。これは順序関係を持つ複数の作業が一つのプロジェクトを構成しているものとしたとき、プロジェクトの納期や使用可能な作業員等の制約のもとで経済効率的に望ましい各作業の開始時刻を決定する問題である。

本研究ではこの問題の解法として、従来法(山崩し法)、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm:GA)、焼きなまし法(Simulated Annealing:SA)、タブー探索(TABU search:TABU)、各解法を組み合わせたハイブリッド探索を用い、実験を通してその有効性と問題点を明らかにすることを目的とする。

2. 問題の表現

プロジェクトの流れは、図1のようにネットワークで表現し、ノードを作業に、アークを作業間の先行後続関係に対応させる。

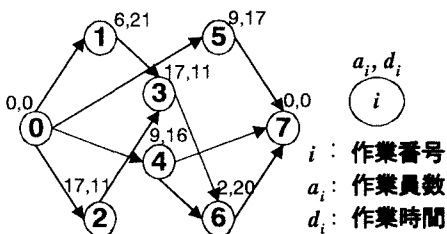


図1 サンプルネットワーク

そして、余裕を持つ作業の先送りは、プロジェクトを表す初期ネットワークに存在しないアークを人為的に追加することによって実現できる。この新しいアークをコンピュータ上で表現するため、作業間 i, j の結合関係を規定する次のような変数 δ_{ij} を導入する。

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i \text{ から } j \text{ へ向かうアークが存在} \\ 0 & \text{その他} \\ -1 & j \text{ から } i \text{ へ向かうアークが存在} \end{cases}$$

コンピュータ上では、この δ_{ij} の集合であるビット

列 X が初期ネットワークにどのようなアークを追加するかを表す。例として、図1のビット列、初期ネットワークにアーク(2,4), (3,5)を追加したときのビット列を示す。

$$X = (\delta_{14}, \delta_{24}, \delta_{34}, \delta_{15}, \delta_{25}, \delta_{35}, \delta_{45}, \delta_{56}) \\ = (0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0)$$

3. スケジュールの評価

ビット列 X の操作によって行ったスケジュールリングは、解の保存の際に、スケジュールリングの計画目標の達成度を数値的に評価する必要がある。そのために、本研究のスケジュールリングの目標として、プロジェクト終了時刻の短縮、最大投入資源量の最小化、投入資源の平滑化を設定し、次の評価関数を導入する。なお、 $f_1 \sim f_3$ は、それぞれ0~1の値で各目標を標準化したものである。

$$F = \alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + \alpha_3 f_3$$

α_i : 各目標の重みを表す係数で、

$$\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1 \text{ である。}$$

また、 $\alpha_1 \sim \alpha_3$ の重みを変化させることにより、多岐にわたるプロジェクトの要望に応えることもできる。

本研究では、

$$\alpha_1 = 0.3, \alpha_2 = 0.4, \alpha_3 = 0.3$$

として、全ての要望に応えるスケジュールリングを行った。

4. 既存解法の紹介

(1) 従来法(山崩し法)

従来法とは、ネットワーク条件(先行後続関係など)に矛盾しないように作業の優先順を決め、それに従い資源量の制限値を変えながらその制限値を越えないようにできるだけ早い時間に各作業を割り当てるようにする解法である。この解法の特徴として、他の解法に比べて計算時間が短いこと、求められる解の数が限られ、多数の優秀な解が必要なときには限界がある、などが挙げられる。

(2) 遺伝的アルゴリズム(GA)

GA は、生物の進化にならった探索アルゴリズムである。初期段階にランダムにビット列を発生させ、その初期個体群に対して、淘汰・交差・突然変異という遺伝操作を施しながら、新しいスケジュールを生成して次世代を形成し、最終的に多数の優秀な解を残す解法である。この解法は、最適解の周辺に早く近づき、大域的な探索には優れるが、局所探索能力に弱いことがわかっている。

(3) 焼きなまし法(SA)

この方法は統計力学において、溶解状態にある物質を冷却して結晶状態に到達させるプロセスからヒントを得たアルゴリズムである。ランダムに発生された初期解に対する局所探索において、解の改良がみられない場合でも新しい解に移る確率を残すことで、局所最適解に捕捉されてしまうことを防ぐ、という点に特徴がある。

(4) タブー探索(TABU)

TABU とは、まずランダムに一つのビット列を作成し、この初期解に対して、タブーと呼ばれる制約を犯さない範囲で、可能性のある探索点の中で最も有望な点を選んで探索を進めていく解法である。探索手法は SWAP 操作と呼ばれ、その方法は様々考えられるが、本研究では、一回の探索で δ_j 一つのみを変化させる操作を採用している。

5. ハイブリッド探索

(1) ハイブリッド探索の概要

本研究では、より良い解ができるだけ早く見つけだせることを目的に、以下の組み合わせについて実験を行った。

・従来法+SA

従来法で求めた解を初期個体として、SA で局所探索を行う。

・従来法+TABU

従来法で求めた解を初期個体として、TABU で局所探索を行う。

・従来法+SA+TABU

従来法で求めた解を初期個体として、SA と TABU で局所探索を行う。

・GA+SA

GA で大域探索を行ってから、SA で局所探索を行う。

・GA+TABU

GA で大域探索を行ってから、TABU で局所探索を行う。

・GA+SA+TABU

GA で大域探索を行ってから、SA と TABU で局所探索を行う。

(2) 計算結果

ランダムに発生させたいくつかのサンプルネットワーク(ノード数 20,30,40) のデータを用いて計算を行った。計算時間(CPU-TIME)は、各ノード数ごとに、全ての解法で同じになるようにした。

表 1 各解法の評価値の比較

解法	ノード数 20	ノード数 30	ノード数 40	ノード数 50
GA	.82312	.80471	.58145	.70719
	.80508	.78336	.55700	.69117
SA	.83407	.85359	.64301	.79050
	.83003	.85010	.62252	.78472
TABU	.84019	.85359	.64301	.79242
	.83467	.84751	.63517	.78543
従来法+SA	.83561	.85853	.66295	.80776
	.83324	.85433	.66219	.80169
従来法+TABU	.84396	.85853	.66295	.80955
	.83880	.85773	.66232	.80863
従来法+SA+TABU	.84396	.85853	.66295	.80955
	.83876	.85731	.66272	.80863
GA+SA	.84454	.86101	.65777	.81458
	.83575	.85640	.65514	.81378
GA+TABU	.84513	.86101	.66172	.81458
	.84114	.85640	.65634	.81378
GA+SA+TABU	.84513	.86110	.67328	.81458
	.83908	.85860	.66582	.81451

(上段:最大評価値, 下段:平均評価値)

(3) まとめ

従来法+SA, 従来法+TABU, 従来法+SA+TABU では、ランダムに初期個体を与えるよりも従来法の解を使用することで評価値が向上することが確認された。GA+SA, GA+TABU, GA+SA+TABU では、GA の大域的探索に SA, TABU の局所探索を加えた効果が表れ、単独解法よりも、単独解法に従来法を加えた解法よりも高い評価値が得られた。

今後は、解の収束が見られた時点で他の解法に切り替えるパラメーターの自動化、同じ解法をはさんで行った場合の実験などを試み、ハイブリッド探索の性質を知る必要がある。

参考文献

- 1) 須永 照雄: PERT 系のプログラミング, 朝倉書店, 1972
- 2) 北野 宏明: 遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1993
- 3) 奥谷 巖, 小笠原 貴道, 風間 克則: マンスケジューリング問題における各種解法のハイブリッド化について, 土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集 IV-425, 850-851, 1996