

分割法による大規模スケジュールの最適化

信州大学工学部 正 会 員 奥谷 巖
信州大学大学院 学生会員 ○福井 紀行

1. はじめに

建設工事や情報システムの構築など、ますます大規模かつ複雑化するプロジェクトを推進するにあたっては、スケジュールの計画の工程を管理することはより重要事項となっていくであろう。このような観点から我々は、これまで遺伝的アルゴリズムやタブー探索といった最適化手法をスケジューリング問題へ適用し、それらの特徴を見い出すために様々なモデル実験を行ってきた¹⁾²⁾。その結果、大規模なスケジューリングが複雑な最適化問題であることと、多点探索・反復法といったそれぞれのアルゴリズムの性質により計算時間が急激に増加することが明らかとなった。そこで本研究では、大規模ネットワークを分割することにより計算効率の向上を図り、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している。

2. マン・スケジューリング

(1) 問題の表現

扱う問題は、PERT で考慮されていない必要諸資源（人・金・物）や時間の制約も加味したスケジューリング問題でありマン・スケジュール (Man Schedule:MS) と呼ばれているものである。制約条件を満たしたスケジュールは、PERT 計算を行った後に山くずし法を用いることによりを得ることができる。PERT 計算により各作業の余裕時間が求められるので、その範囲内で作業の開始時刻を先送りすれば各作業の先行関係に矛盾することのなく制約条件も侵していないスケジュールが求められる。ネットワーク上で作業 k を作業 i の終了後に先送りするには、新たにノード i からノード k へのアークをつけ加えることによって実現できる。コンピュータで問題が扱えるように作業 i と作業 k ($i < k$) の先行関係を規定する変数 δ_{ik} を導入する。この変数は、アークが $i \rightarrow k$ のとき $\delta_{ik} = 1$ 、 $k \rightarrow i$ のとき $\delta_{ik} = -1$ 、その他のとき $\delta_{ik} = 0$ とする。追加可能なアークについて δ_{ik} を並べたビット列が一つの解（スケジュール）となるのでこのビット列を操作することによって新たなスケジュールを作り出せる。例えば追加可能なアークの候補が 10 個あり、そのうち (1,5),(3,2),(4,8),(5,6) のアークをつけ加えるとき図 2 のようなビット列になる。なお本研究では、プロジェクトの各作業をノードに作業間の先行関係をアークに対応させたネットワークを採用している。

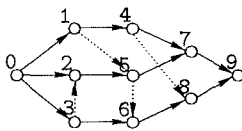


図 1 サンプルネットワーク

0 0 1 -1 0 0 0 1 1 0
 $\delta_{12}\delta_{13}\delta_{15}\delta_{23}\delta_{34}\delta_{35}\delta_{45}\delta_{48}\delta_{56}\delta_{67}$

図 2 ビット列の例

(2) アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム³⁾ (Genetic Algorithm:GA) は、自然界における生物の進化、すなわち世代を形成している個体の集合（個体群）の中で環境への適応度の高い個体が次世代へより多く生き残り、また交叉および突然変異を起こしながら次世代を形成していく過程を模した最適化法である。一方のタブー探索法⁴⁾ (Tabu Search:TABU) は、単にランダムに初期解を求めその解に対して改善を繰り返し行っていくという探索手法では、局所解に陥いてしまうことから、これを回避するために過去に行った探索の履歴をもとに Tabu と呼ばれる制約を設けこの制約を侵すことのないように探索を行っていく手法である。この制約を設けることにより局所解から抜け出し大域最適解への接近が可能となる。

3. 大規模スケジュールの分割

(1) 提案手法 1

まず図 3 のように大ネットワークを希望する分割数にカットする。前後のネットワークの関係を完全に断ち切らないために後のネットワークの先頭のノード●を前のネットにも取り込み、さらに先頭と終端にダミーノード●, それに伴うアークをつけ加えて小ネットワークを完成させる。次に各ネットワークそれぞれについて MS の計算を行い投入資源の制約を満たし短期間で終了するネットワーク N 個 ($ex. N=10$) について追加可能なアークの状態を記録する。最後に目的のネットワークに先に小ネットワークごとに記録した追加アークの状態を様々に組み合わせて MS の計算を行い最適解を求めていくという方法である。カットは前後のネットにまたがる追加アークを削除する役割を果たすことから、各解候補のビット列が短くなり操作回数が減少する。また分割により並列計算が可能となり計算時間が短縮される。

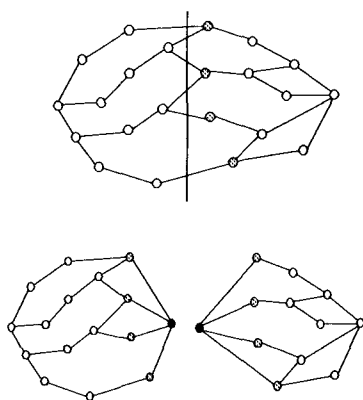


図 3 ネットワークのカット

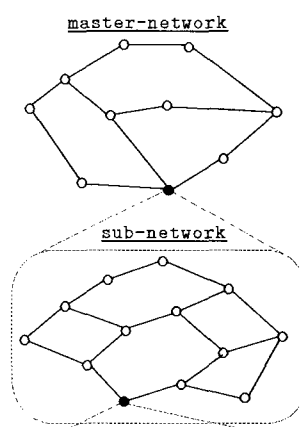


図 4 階層ネットワーク

(2) 提案手法 2

ネットワークをカットするのではなく、全体プロジェクトを **master-network**, **sub-network**, ... というように階層構造でネットワークの設計を行う。つまり図 4 のように **sub-network** が **master-network** の各ノードとなるようにするのである。まず下部のネットワークで MS の計算を行い、その納期と最大投入資源量を 1 つ上の対応しているノードの必要時間と資源量とみなし 1 つ上のネットワークでそれらをもとに MS 計算を行っていくのである。下部のネットワークにまたがるアークを考慮しないことから全体の計算時間の短縮が図れる。しかしながら下部のネットワークにおいて、あらゆる時刻において最大の資源量を必要としているわけではないので最終的に得られた解は擬似的な最適解となる。

4. おわりに

提案した 2 つの手法は、分割した各ネットワークの MS の計算を独立して並列に計算できるので計算時間の短縮が図れ、また最近コンピューターが並列処理が可能となりつつあることから、この手法をその並列処理に乘せることによってより一層の計算効率の向上が期待できる。

なお計算結果・考察等については、講演時にて発表する。

参考文献

- 1) B.S.Huppe, 奥谷 巖: マンスケジューリング問題における遺伝的アルゴリズムの適用性, 電気学会論文, (1993).
- 2) 奥谷 巖, B.S.Huppe, 福井 紀行: マンスケジューリングにおけるタブー探索法の応用, 計測自動制御学会論文, (1993).
- 3) 北野 宏明: 遺伝的アルゴリズム, 産業図書, (1993).
- 4) Mirosław Malek, Mohan Guruswamy, Mihir Pandya: *Serial and parallel simulated annealing and tabu search algorithms for the traveling salesman problem*, Annals of Operations Research, 21(1989)59-84.