

分割法とタブー探索を用いたスケジューリングにおける資源配分

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
 信州大学工学部 風間 克則

1. はじめに

建設プロジェクトのスケジューリングにおいて、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リング問題を取り上げ、この問題の解法にはタブー探索という最適化手法を適用する。大規模なプロジェクトのスケジューリングが複雑な最適化問題であることから、プロジェクトが大きくなるにつれ計算所要時間が急激に増加する。そこで本研究では、大規模プロジェクトの工程をあらわすネットワークの分割を図り、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問題

ここで述べるマンスケジューリング問題とは、ネットワークデータとして各作業に作業時間、必要資源量、各作業間の先行後続関係を与え、図1のようにプロジェクトの工程をネットワークで表現し(本研究では各作業をノード、作業間の先行後続関係をアークに対応させている)、制約条件を満足しながら計画目標を達成するように各作業の日程を決定する問題である。PERT 計算により各作業の余裕時間が求められるので、時間的に余裕のある作業をその余裕範囲内で開始時刻を先送りすれば各作業の先行後続関係に矛盾することなく制約条件も侵していない新たなスケジュールが求められる。各スケジュールについてプロジェクト終了時刻、最大投入資源量、投入資源の平滑度の値を標準化し、それぞれに重みをつけ合計したものを適応度とし、スケジュールの評価を表す値とする。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ができる(工期、資源投入量、投入資源の平滑のうちの何を最重視するかを決定することができる)。

3. ビット列を用いたスケジュールの表現

ネットワーク上で作業j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jへのアークを付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j($i < j$)の先行後続関係を規定する変数 δ_{ij} を導入する。この変数は、アークが $i \rightarrow j$ のとき $\delta_{ij}=1$ 、 $j \rightarrow i$ のとき $\delta_{ij}=-1$ その他のとき $\delta_{ij}=0$ とする。追加可能なアークについて δ_{ij} を並べたビット列が一つの解(スケジュール)となり、各 δ_{ij} の値(1,-1,0)の組み合わせ最適化問題となる。例えば追加可能なアークが10本あり、そのうちの(1,5),(3,2),(4,8),(5,6)のアークを付け加えるとき図2のようなビット列になる。

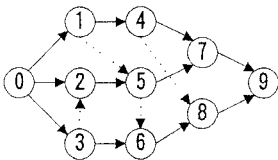


図1 サンプルネットワーク

0	0	1	-1	0	0	0	1	1	0
δ_{12}	δ_{13}	δ_{15}	δ_{23}	δ_{34}	δ_{35}	δ_{45}	δ_{48}	δ_{56}	δ_{67}

図2 解(ビット列)の例

4. タブー探索法

組み合わせ最適化問題の解法としてタブー探索法を用いる。これは解の改善を行う操作に、過去に行った操作の履歴をもとにタブー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う手法である。

解の操作は以下の通りである。

- step0 ランダムに初期解を求める。
- step1 ビット列の一つの δ_{ij} だけを他の要素に変化させ適応度を計算する。
- step2 すべての δ_{ij} について調べた後、最良の解を記録する。(図3)
- step3 タブーリストに直前の操作が記録され、逆の変化をさせる操作は実行されなくなる。
- step4 step1~step3 を n 回繰り返す。
- step5 step0~step4 を N 回繰り返す。

0 0 1 -1 0 0 0 1 1 0
 ↓
 0 0 1 -1 0 0 -1 1 1 0

図3 解(ビット列)の操作の例

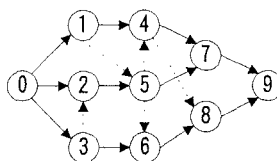


図4 解の操作後のネットワーク

5. 大ネットワークの分割計算方法

ネットワークが大きくなれば、追加可能なアークの数も増加する。したがってビット列の長さが長くなり、組み合わせの数も増大する。例えば、ビット列の長さが10のとき組み合わせの数は $3^{10} = 5.9 \times 10^4$ 個であり、ビット列の長さが20になると組み合わせの数は $3^{20} = 3.5 \times 10^9$ 個という膨大な数になる。そこで、ネットワークを分割して計算することを提案する。分割計算の手順は以下の通りである。

- step1 大ネットワークをいくつかの小ネットワークに分割する。
 - step2 それぞれの小ネットワークでタブー探索法を用いて最適解を求める計算をする。
 - step3 それぞれの小ネットワークの計算結果を結合させ、初期の大ネットワークの最適解を求める。
- ただし、分割する際に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ワークにも取り込み、さらに先頭と終端にダミーノード、それに伴うアークを付け加えて小ネットワークを完成させる。(図5)

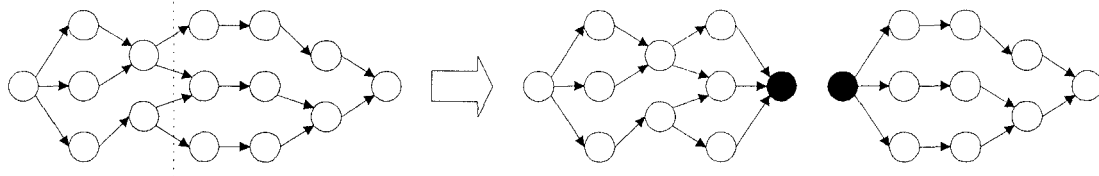


図5 大ネットワークのカット

6. おわりに

組み合わせ最適化問題の解法としてはタブー探索法のほかに、山崩し法、遺伝的アルゴリズムがあり、これらの解法との適応度、計算所要時間の比較を試みる。また、分割をしたネットワークと分割をしていないネットワークとの適応度、計算所要時間の比較も試みる。

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) 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.
- 2) 福井 紀行: 分割法によるマンスケジューリング問題解法アルゴリズム, 信州大学修士学位論文, 1995.