

時間割作成問題に対する可変近傍タブーサーチの提案 A Variable Neighborhood Tabu Search for Timetable Problem

澤田 めぐみ*
Megumi Sawada

中島 克人*
Katsuto Nakajima

1. はじめに

大学の時間割作成問題に対して、可変近傍探索 (VNR) を取り入れたタブーサーチ (TS) の提案を行なう。通常のTSは一点探索であり、かつ、局所探索の傾向が強いという特徴を持つため、大規模問題において大域的な探索に至らない可能性がある。そこで、提案手法では、TS探索の各ステップにおける近傍解を、最近傍以外からも選択する。即ち、試行解の生成範囲である「近傍」を探索過程で系統的に変化させ、探索の多様化を行なう。今回の適用対象である時間割作成問題においては、近傍解への遷移を2つの担当科目間の交換とし、その交換回数を変化させることによって近傍を可変にする。評価により、提案手法で8~19%の改善が確認できた。

2. 作成対象とする時間割

2.1 概要

「学校がある学科向けに全学年の1週間の時間割を決定する」とする。時間割とは配当学年・曜日・時限・科目名・教員・教室であり、時間割作成とは、学年ごとに予め与えられた科目リストを各曜日の各時限に当てはめる作業である。詳細は以下のように設定する。

- ・当学のある学科の前期の4学年分の時間割を対象とする。
- ・曜日は月~金曜日。時限は1~4限。
- ・教室に関する制約は、今回は無視する。
- ・複数の教師で1つの科目を担当する場合がある。
- ・配当期間が半期の長さの半分、四半期科目がある(以後、半期の前半をQ1、後半をQ2と呼ぶ)。
- ・同一科目を異なる曜日に分けて複数配当する場合がある。
- ・2コマ科目(同一科目の連続コマ配当)がある。
- ・学部共通の一部の科目(英語、数学など)は配当時間が固定されているとする(以後、これらの科目を固定科目、それ以外の固定されていない科目を非固定科目と称する)。
- ・非固定科目を対象学年のコマに配当する。

2.2 制約条件

以下は時間割が必ず満たさなければならない条件とする。

- ① 全ての科目が配置されなければならない。
- ② 2コマ科目は連続コマに配置されなければならない。
- ③ 固定科目の配当時間は指定通りとし、変更できない。
- ④ 教員は同じ時間に2科目担当できない。
- ⑤ 教員が一日に担当できるコマ数は3コマ以下とする。
- ⑥ 学年間で必修科目は同じ時間に重ならない(再履修者に対する重複履修を許可する「重複履修可」の科目を除く)。
- ⑦ 必修科目は各学年に関して、1日に2科目以下とする。
- ⑧ 同一科目の複数コマ配当は、2コマ科目(連続コマ指定でない場合、異なる曜日に配当する)。

2.3 目標条件

以下の条件を満たす程、時間割の評価値が良いとする。評価値への影響度を下記では優先度と称する。

- ① 各教員の担当科目が連続コマにならない(同じ科目が2コマ続く場合は除く) … 優先度(中)
- ② 学生から見て1日の担当科目間に空き(飛びコマ)がない … 優先度(中)
- ③ 重複履修可の必修科目の時間に、他学年において必修科目が配当されない … 優先度(高)
- ④ 1限に科目が配当されない … 優先度(中)
- ⑤ 教師から見た1日の担当コマ数の評価値(表1の教師) … 優先度(低)
- ⑥ 生徒から見た1日の担当コマ数の評価値(表1の生徒) … 優先度(低)

表1 一日の担当科目数/配当コマ数の評価

	0	1	2	3	4
教師	○	○	△	□	×
生徒	○	△	○	○	□

○: 良い
△: 良くない
□: 非常に良くない
×: 制約違反

2.4 目的関数

目標条件の満足度を定量化して評価する目的関数を定義する必要がある。今回定義した目的関数では、目標条件が満たされなかった場合にペナルティを加算する。従って、目的関数値(評価値)が小さいほど「良い時間割」となる。また、作成対象とする時間割はQ1, Q2に分れているので、その評価値はQ1とQ2をそれぞれ独立した時間割として目的関数を適用し、その合計とする。また、ペナルティは目標条件ごとにその優先度が高いほど重くなるように調整を加える。即ち、各目標条件の「値域」と「優先度」によってそれぞれの重み係数とバイアス値を決定する。これらは配当すべき科目データによって相互に予め調整されなくてはならないが、入力である科目データファイルから自動で計算する事が可能である。今回の評価対象とした学科の人手で作成済みの時間割の評価値は515.0であり、これより小さい値の解が見つければ、手作業で作成するよりも良い時間割の探索に成功した事になる。

3. タブーサーチによる時間割作成

時間割作成問題は多くの組合せ最適化問題と同様にNP完全であり、現在の高性能な計算機を持ってしても、多くの場合、全探索することは現実的には不可能である。今回作成を対象とする時間割においても、ある時間割(組合せ)を一つの解とすると、毎秒1G回の組合せの生成と評価が可能な計算機でも全探索するのに約 2.01×10^{22} 年かかる。そこで、組合せ最適化問題の準最適解探索手法であるメタヒューリスティックスの中で、特に強力なものの一つと言われており、種々の制約条件や目標条件を組み入れる事が比較的容易なタブーサーチを用いる。

* 東京電機大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

3.1 タブーサーチとは

タブーサーチ (TS) [1]とは候補解(現在解)を一つ保持し、その候補解を少し変化させた近傍解集合の中の最良解(改悪であっても)で候補解を更新することを繰り返すことによって探索を進める。その際に探索がループすることを防ぐために、探索過程で選択した最近の解の情報(属性)をタブーリストに記憶することによって、一定期間、その属性を持つような解(タブーな解)での候補解の更新を禁止する。このようなメカニズムを用いることによって、局所最適解に陥ることを防ぎ、探索の多様化を実現する。ここで、選択した解の属性を記憶する期間はタブーリスト長と呼ばれる。

3.2 タブーサーチの実装(TS通常版)とその評価

TS通常版は上記3.1の内容を実装したものであるが、候補解の近傍解を全て生成して調べるのではなく、実行可能な一部をランダムに生成して調べるというものである。以後、この解を試行解と呼ぶ。なお、近傍の定義は固定科目を除く任意のコマ同士の交換1回で作成される解空間とする。TS通常版の実行結果より、手作業と比べ、時間割の作成時間と評価値において有用であると確認できた。しかしながら、探索に当り外れがある」という問題点が挙げられた。実行結果の詳細はVNTS試作版の結果と共に後述する。

4. 探索手法の改良の検討

TS通常版の実行結果より「探索に当り外れがある」ことが問題点として挙げられた。この原因としてタブーサーチがメタヒューリスティックスの中では「局所探索の特徴が特に強く出ている傾向がある」という点と、候補解を一つ保持しながら探索を行なう「一点探索」であるという点から「探索が大域的でない可能性がある」ことが考えられる。そこで、探索の多様化による性能向上を目的とし、タブーサーチにおける局所探索の手法にも適用が容易と考えられる可変近傍探索法(VNS)を取り入れることにした。

4.1 可変近傍探索法(VNS)とは

可変近傍探索法(Variable neighborhood search:VNS)[2]とは探索過程で系統的に近傍を変化させることにより局所最適解へ陥ることを防ぎ、大域的な探索を行なうものである。TSにVNSを取り入れる(以後、VNTSと称する)にあたって決定する事項は主に以下の2点がある。

- ・近傍の定義：可変させる範囲。
- ・近傍の探索の仕方：探索の各ステップにおいて、どのように近傍を可変にするか。さらに、異なる近傍により作成された試行解集団から、どのように次の候補解を選択するか。

4.2 VNTS試作版の実装

VNSによる探索の改善度を評価するために、以下のようなVNTS試作版を実装した。

- ・近傍の定義：固定科目を除く任意のコマ同士の交換1～2回で作成される解空間。

- ・近傍の探索の仕方：生成する施行解数の6割をコマ交換1回の解、4割をコマ交換2回の解で作成し、評価値の良いものを選択する。なお、コマ交換2回の解はコマ交換1回の解を元に生成する。

5. 実行結果

TS通常版、VNTS試作版ともにタブーサーチにおける主要パラメータである「タブーリスト長(以後 tabu長)」はそれぞれ7/14/21とし、試行解の生成数(以後 test数)はそれぞれ25/50として実行した。終了までの候補解の更新回数は、総コマ交換回数がほぼ等しくなるようにTS通常版は5000回、VNTS試作版は3500回とした。計測回数は各250回である。全計測を通して得られた解の中で、最良(最小)の評価値は67.3であった。各パラメータ値での探索結果の評価値の平均を図2に、250回の計測において最小解67.3へ探索が至った回数を表2に示す。図2と表2より、通常版に比べ、VNSを取り入れた試作版に性能向上が見られた。なお、実行時間は候補解の更新回数にほぼ比例するため、VNTS試作版(3500回更新)はTS通常版(5000回更新)のほぼ70%であった。

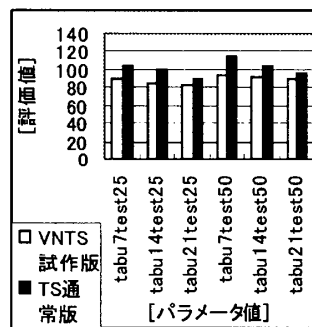


図2 探索結果の評価値の平均

表2 最小解67.3へ至った回数

パラメータ値	VNTS試作版	TS通常版
tabu7test25	2回	2回
tabu14test25	12回	6回
tabu21test25	18回	3回
tabu7test50	4回	2回
tabu14test50	1回	1回
tabu21test50	5回	8回

6. おわりに

大学の時間割作成問題に対して、可変近傍探索法を取り入れたタブーサーチの提案を行なった。そして、VNTS試作版により、探索性能に関する有効性を確認した。今後の課題は、提案手法を時間割作成問題以外の応用問題へ適用することによって、広範な有効性の検証を行なうことである。また、可変近傍探索法を取り入れるとパラメータの増加が予測されるため、パラメトリックサーベイの一環として、タブーサーチの多点探索化も視野に入れている。

参考文献

- [1] 白石洋一訳：組合せ最適化アルゴリズムの最新手法—基礎から工学応用まで—, 丸善株式会社, (2002)
- [2] MLADENOVIC N, HANSEN P : "Variable neighborhood search.", *Comput Oper Res* Vol.24, No.11, Page1097-1100 (1997.11)
- [3] 田川聖治, 徳永健二, 羽根田博正, 井垣努, 関俊一 : "可変近傍探索法による二電極 SAW フィルタの最適化設計", *電気学会論文誌 C* Vol.123, No.3, Page407-413 (2003.03.01)
- [4] 角川真吾, 森啓之 : "配電系統キャパシタ配置問題へのVN-TSの適用", *電気学会電力技術研究会資料* Vol. PE-04, No.86-100, Page.89-93(2004年)