

大学時間割編成問題への制約緩和手法の適用と評価

6AH-7

金子 一哉 吉川 昌澄 山之内 徹

NEC C&C メディア研究所

1 はじめに

全ての学校は毎年一回以上時間割を編成しなければならないが、学校時間割り編成問題は大規模かつ制約が厳しい為、非常に困難な問題である。このため、多数の学校が実用時間内に高品質な解を与える時間割り自動編成システムを切望している。

本稿で扱う大学時間割編成問題は、各講義に対して時間の割り付けと同時に施設の割り付けも行なう問題であり、高校時間割編成問題（基本的にクラス、教員、教室があらかじめ決まっている授業を時間に割り付ける問題）とは異なる種類の問題である。筆者等は、これまでに高校時間割編成問題において制約緩和手法を適用し実用的時間内にある程度高品質の時間割を自動編成することに成功した[1,2]。本稿では、大学の時間割編成問題に対して、同じ制約緩和手法を適用し、評価を行なった結果について報告する。

2 大学時間割編成問題

大学時間割編成問題は、教員があらかじめ決められた各講義や会議を、様々な制約を考慮しながら、より多くの制約を満足するように1週間のうちの一つの時限に割り付けると同時に、講義を行なう教室に割り付ける問題である。考慮すべき制約は、それぞれの重要度に従い違反した場合の違反点数を持ち、違反制約の違反点数の合計値を最小化することが問題の目的となる。また、高校問題と異なり、通年、前期、後期の講義が混在する問題であり、規模も非常に大きな問題である。

制約としては、教員の不在/希望時間や利用希望設備を守る制約、同じ学年の必修科目は異なる時間にする等の絶対に守らなければならない制約と、同じ学年の同じ系列の選択科目同士は異なる時間にする等の違反をしてもやむをえないが、できるだけ守りたい制約などが存在する。

Evaluation of Constraint-Relaxation Method for University Timetabling Problems
Kazuya Kaneko, Masazumi Yoshikawa and Toru Yamanouchi
C&C Media Research Laboratories, NEC Corp.

3 時間割自動編成手法

本稿で大学時間割編成問題に適用する手法は、筆者らが高校時間割編成問題に対する有効性を確認してきた手法[2]であり、(1)高品質な初期解を生成する段階的RFLG初期割り付けアルゴリズム。(2)強いバイアスの最適化手法MCHC法に局所最適解脱出を加えた修正手法。の2ステップから成る制約緩和手法である。

図1に(1)の段階的RFLG初期割り付けのアルゴリズムを示す。アルゴリズムは2つのステップから成る。第一ステップはアーク無矛盾性アルゴリズム(Arc Consistency Algorithms)を用いて制約を満たす可能性の無い値を変数の候補値集合の中から削除した後、各変数に無矛盾な値を割り付ける。このステップの処理の際に、無矛盾な候補値を持たない変数が現れたら、以下の(1-1)~(1-6)の処理を行ない、その時点までの制約違反の解消を試みる。

- (1-1) 値を割り付け済みの各変数の値を保存する。
- (1-2) 候補集合が空になった変数に、違反点数が最小になる値をグリーディアルゴリズムにより割り付ける。
- (1-3) MCHC自動調整により制約違反の解消を試みる。
- (1-4) (1-3)で制約違反が解消できたら(1-5)の処理に進み、制約違反の解消ができなかったら(1-6)の処理に進む。
- (1-5) 割り付け対象の各変数の候補集合を初期化し、割り付け済みの各変数から制約伝播を行ない、第一ステップのメイン処理に戻る。
- (1-6) 割り付け済みの各変数の値を(1-1)で保存した値に戻し、候補集合が空になった変数を割り付け対象から外し、第二ステップでの割り付け対象に登録し、第一ステップのメイン処理に戻る。

他に無矛盾な割り付け候補が無くなれば、第二ステップに進む。このステップは、第一ステップで除外された変数に対して、矛盾はあるが違反点数が最小の値を通常のグリーディアルゴリズムにより割り付ける。

次に(2)の修正処理を行なう。MCHC法は制約を違反する変数を選択し、その変数の値を違反点数が最小となる値に変更する処理を違反点数の減少が行なえなくなるまで繰り返す。この際に違反点数の増加する変更は受け入れない。また、局所最適解脱出処理として、時間割編成の特徴を利用したヒューリスティックを用いた2変数の値変更を行なうことによりさらなる改良を試みる。

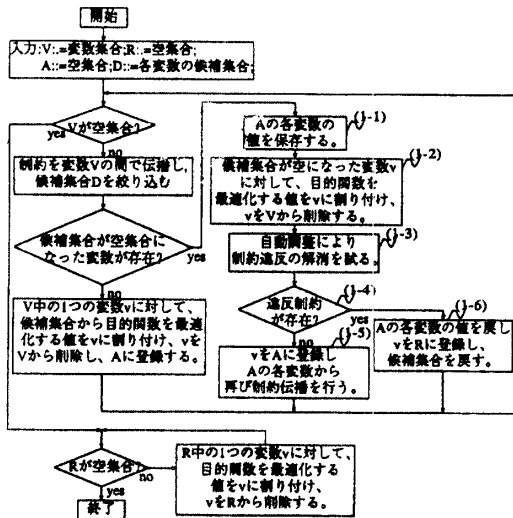


図1. 段階的RFLG初期割り付け

高校時間割問題は、クラス、教員、教室があらかじめ決まった授業を変数とし、変数の候補集合を一週間の時限として編成を行なう。これに対し、大学時間割編成問題では、教員があらかじめ決まった講義に対して、時間変数、施設変数の2種類の変数を用意し、時間変数の候補集合を一週間の時限とし、施設変数の候補集合を大学が所有する施設の各教室として編成を行う。上記編成手法では、時間変数、施設変数の2種類を共通に処理できる。

4 評価

某大学の7学部、さらに、各学部について、一部の変数に値が既に割り付いている問題と、割り付いていない問題の2種類、合計14の問題について自動編成実験を行なった。各問題は、講義 290 ~ 1339、教室 700、時限数は月~土各7時間の42、教員は287人~687人である。

実験は、前述した手法(段階的RFLGと呼ぶ)と、段階的RFLGで無矛盾な候補値を持たない変数が現れた時に単純に第二ステップの割り付け対象に登録する手法(RFLGと呼ぶ)と、Greedy初期割り付けをMCHC法で修正を行なう手法(Greedyと呼ぶ)を各問題に適用し、違反点数、処理時間の両面で評価を行なった。計算機はEWS 4800/360を用い、C++上の制約ベース計画シェルCOASTOOL[1]上のプログラムで実験を行なった。COASTOOLでは、問題をCOASTOOLモデル上に宣言的に記述するだけで計画立案機能を実現でき、適用した3つの手法はCOASTOOLのライブラリとして提供されている手法であり、高校時間割編成問題に適用したものと全く同じものである。

表1に実験結果を示す。値は各問題に対し各手法を10

表1. 実験結果

手法	一部割り付け情報あり			割り付け情報なし		
	違反点	時間(秒)	最良	違反点	時間(秒)	最良
Greedy	399.2	193.7	0	96.9	178.1	0
RFLG	395.1	3349.2	0	8.5	678.4	6
段階RFLG	0.9	704.0	7	26.5	837.6	6

回適用した結果の平均値である。最良は、3手法のうちで最良の解を生成した回数である。

実験結果から、変数に割り付け情報がある問題については、段階RFLGは違反点数0.8点とほとんど制約違反がないのに対し、RFLGは395.1点、Greedyは399.2点もの制約違反が残っている。これは、RFLG、Greedyがあらかじめ存在する割り付け情報に含まれる制約違反を後のMCHC調整で修正しようとするために、多くの制約違反が残るのに対し、段階的RFLGは、初期割り付け中に存在する制約違反を解消することを試みるにより制約違反の解消を行なっている。この際の段階RFLGの処理時間は、RFLGの1/5、Greedyの4倍である。

一方、割り付け情報なしの問題については、段階RFLGは違反点数26.5点と、RFLGの8.5点より多く残っているが、7学部中6学部の問題(5学部はRFLGと同じ)で最良の解を生成している。この際の段階RFLGの処理時間は、RFLGの1.2倍、Greedyの4.7倍となっている。

結局、段階的RFLG初期割り付け手法とMCHC方に局所解放出手法を加えた手法を組み合わせた手法は、14種類の問題のうち、13種類で最良の結果を生成することができ、大学時間割編成問題に対しても実用的な処理時間で高品質な解を与えることが可能であると言える。

5 おわりに

本稿では、大学時間割編成問題に対し、従来高校時間割編成問題に有効であった制約緩和手法(段階的RFLG割り付け手法[2])を適用し、評価を行なった。某大学の7学部の時間割編成問題に適用した結果、各問題で実用時間内に高品質な解を編成することが可能であった。これにより、前述した手法が、高校時間割編成問題と大学時間割編成問題という異なる種類の問題に対して、有効であることが言える。

参考文献

- [1] Yoshikawa, M., et. al., "A Constraint-Based High School Scheduling System," IEEE Expert, Feb.1996, pp. 63-72.
- [2] 金子他: "学校時間割編成問題における段階的編成手法の提案と評価," 情報処理学会第54回人工知能学会全国大会.