

## 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

3M-2

金子 一哉 吉川 昌澄 山之内 徹 渡辺 正信†

NEC C&amp;C 研究所 †NEC 流通サービス業システム開発本部

## 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。

筆者等は、これまでに、学校時間割自動編成システムの研究開発を行ない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]。しかし、制約が特に厳しい学校の時間割編成問題に対しては、自動編成による解の制約違反数が多いために、手動による調整の比率が多くなるという問題がある。

本稿では、さらに高品質な時間割を自動編成する手法として、段階的編成手法を提案し、評価を行なった結果について報告する。

## 2 学校時間割編成問題

学校時間割編成問題は、クラス、先生、教室が予め決められた各授業や会議を、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。

制約としては、先生の不在時間等絶対に守らなければならない制約と、同じ教科の授業は異なる曜日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。また、どのクラスも、先生も同じ時限に複数の授業を持つことはできないという制約条件を持ち、各クラスは1週間の内に授業の無い時限を持たないために非常に厳しく制約付けられている。

Proposal and Evaluation of a new Initial Assignment Method for Large High-school Timetabling Problems  
Kazuya Kaneko, Masazumi Yoshikawa, Toru Yamanouchi and Masanobu Watanabe †  
C&C Research Labs., NEC Corp. † Distribution and Service Industries systems Development Div., NEC Corp.

## 3 従来手法

従来手法[2]は、(1)高品質な初期解を生成するRFLG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手法。(3)GUI上で行なうユーザ手動調整。の3ステップから成っていた。

しかし、制約条件が特に厳しい学校の時間割編成問題においては、制約違反が多く残ってしまうために、手動調整の負担が多くなるという問題がある。

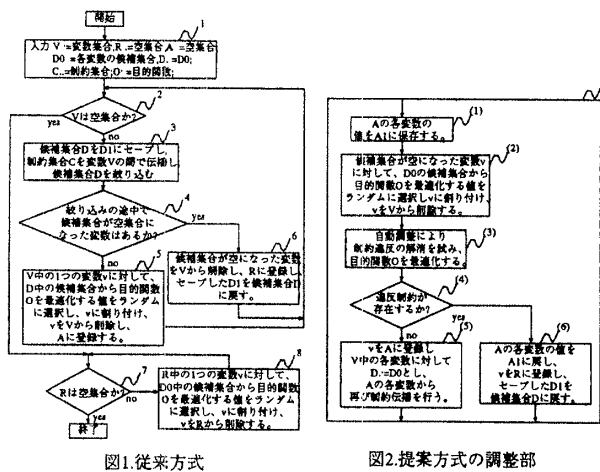
図1にRFLG初期割り付けのアルゴリズムを示す。アルゴリズムは2つのステップから成る。第一ステップはアーク無矛盾性アルゴリズム(ACアルゴリズム: Arc Consistency Algorithms)を用いて制約を満たす可能性の無い値を変数の候補値集合の中から削除した後、各変数に無矛盾な値を割り付ける。また、無矛盾な候補値を持たない変数が現れたら、その変数を、既に割り付け済の無矛盾な変数の集合から除外し、第二ステップでの割り付け対象に登録する。

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。

ここで、初期割り付けの初期の段階で、候補集合が空になった変数というのは全体の編成の中で重要な変数である場合が多い。このような重要な変数を他の変数の割り付け後に割り付けることは、最終的に高品質な時間割を得ることを困難とする。そこで、さらに高品質な時間割を生成する初期割り付け手法を提案する。

## 4 段階的初期割り付け手法

提案手法は、RFLG初期割り付けの際の制約伝播による候補集合の絞り込みの際に、候補集合が空になってしまった(つまりこの変数のとりうるどんな値を割り付けたとしても制約違反が必ず発生してしまう状態)変数が発生した場合に、自動調整により、それまでに割り付いている変数



の値を変更することで候補集合が空の状態から脱出する手法である。つまり、従来のRFLGアルゴリズムにおいて、候補集合が空になった授業が発生した際に、以下(1)~(7)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。(図2参照。)

- (1) 値(時限)を割り付け済みの各授業の値を保存する。
- (2) 候補集合が空になった授業に、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。
- (3) MCHC自動調整により制約違反の解消を試みる。
- (4) (3)で制約違反が解消できたら(5)の処理に進み、制約違反の解消ができなかったら(6)の処理に進む。
- (5) 割り付け対象の各授業の候補集合を初期化し、各授業の割り付け済みの各授業から制約伝播を行ない、(7)の処理に進む。
- (6) 割り付け済みの各変数の値を(1)で保存した値に戻し、候補集合が空になった授業を割り付け対象から外し、(7)の処理に進む。
- (7) RFLG初期割り付けアルゴリズムに処理を戻す。

これにより、それまでに割り付け済みの変数の値を制約違反が発生しない範囲で変更することにより、変数に制約違反なしに値を割り付けることを可能にする。

### 5 評価

久喜北陽高等学校92年度、岡豊高等学校94年度、大東文化大学第一高等学校94年度の各問題について編成実験を行なった。久喜北陽高校問題は述べ806授業を週34時限に割り付ける問題であり、人手で100人日の工数を要していた。岡豊高校問題は述べ930授業を、週34時限に割り付ける問題であり、人手で150人日の工数を要していた。大東文化大学第一高校問題は述べ647授業を週34時限に割り付ける問題であり、市販ツール利用で11人日の工数を要していた。

実験は、従来手法と提案手法を各問題に適用し、違反点数、処理時間の両面で比較を行なった。計算機はEWS4800/360を用いた。

実験結果から、制約違反点数については、従来手法の違反点数に対して、提案手法は、久喜北陽問題で9.2%~16.1%、岡豊高校問題で2.8%~16.4%、大東文化問題で1.2%~12.0%減少した。

また、処理時間については、従来手法の処理時間と比べて、提案手法は、久喜北陽問題で約2倍、岡豊高校問題で約1.4倍、大東文化問題で約0.9倍であった。

表1に久喜北陽問題における実験結果を示す。提案手法の括弧内の数字は、自動段階初期割り付け中のMCHC調整回数である。各値は各手法を10回適用した結果の平均値である。表中の減少率は最終結果の違反点数の平均値で比べた時、従来手法の違反点数を何%減少したかを表す。

表1. 実験結果(久喜北陽高校92年度)

手法	初期割り付け結果		最終結果		
	違反点数	時間(秒)	違反点数	時間(秒)	減少率
従来	293.3	43.4	3.3	134.2	-
提案(10)	9.1	259.7	0.5	284.3	16.1%
提案(20)	8.2	258.6	1.7	296.5	9.2%
提案(30)	7.6	269.9	0.7	310.5	14.9%
提案(40)	5.7	247.1	0.5	265.2	16.1%
提案(50)	6.8	260.0	0.8	279.6	14.4%

結局、問題毎に差はあるが、提案手法が従来手法より高品質な解を得ることが言える。また、処理時間についても、実用的な処理時間で解を得ることが可能である。

### 6 おわりに

本稿では、学校時間割編成問題に対し高品質な解を自動編成する手法を提案し、評価を行った。提案手法は、RFLG初期割付手法中の制約伝播の結果、候補集合が空になってしまった授業が発生した段階で、自動調整を起動し、違反を解消する自動段階初期割付手法である。また、計算機実験により提案手法を評価し、実用的時間内で従来手法による時間割の違反点数を最大16%減少させることが可能であることを示した。これにより、時間割編成に慣れない先生でも容易に時間割を編成することが可能となる。

### 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: "学校時間割自動編成システムにおける制約緩和手法の提案と評価," 95年人工知能学会全国大会。