

中学・高校向け統合スケジューリングシステム —時間割作成アプリケーションの開発—

1. 背景

本プロジェクトの背景としては教員の業務量過多がある。近年、中学や高校の教員の長時間労働が問題となっており、中学校では一日あたりの学内勤務時間が平均で11時間32分、さらに有給休暇も8.8日/年と過酷な環境にある。また、実際に高校教員から「時間割を手動で作成することなどに時間がかかる」との声がある。

2. 目的

我々は教員の業務量を軽減させるために、従来、手動で行なっていた業務をアニーリングマシンを活用することにより、自動で行うことができるのではないかと考えた。特に学校におけるスケジューリング問題は多岐に渡る。本プロジェクトでは、その中でも特に時間割業務に着目する。従来型コンピュータよりも組合せ最適化問題の計算を高速に処理できるアニーリングマシンを用いることで、複雑な条件を満たす時間割を複数提案することを目的とした。

3. ソフトウェア開発内容

本プロジェクトでは、アニーリングマシンを用いて時間割を作成するアルゴリズムの開発と、実際に教員が手軽に利用できるアプリケーションの開発を行った。

アニーリングマシンを用いて時間割を作成するアルゴリズムの開発では、まず時間割に関わる制約を大きく分けて二つ定義した。一つは時間割を作成する上での最低条件である「基本制約」と、教員の希望など必ずしも満たさなくても構わない「拡張制約」である。「基本制約」は以下の二つである。

制約1：クラス・教員・場所が同じである科目が同じコマに割り当てられることを避ける

制約2：一つの科目に一つのコマのみを割り当てる

「拡張制約」は以下の五つである。

制約3：科目を割り当てたくないコマを指定する

短時間勤務や非常勤講師の教員が入れない曜日や時間帯について課す。これは拡張制約の中でも特に満たしてほしい制約である。

制約4：二つの科目を二時間連続にする

家庭科などの長時間授業が必要な科目について課す。これは拡張制約の中でも特に

満たしてほしい制約である。

制約 5：同じ教科の科目の割り当てを 1 日に 1 コマまでにする

同じ教科の科目が 1 日に 2 コマ以上あると生徒への負担が大きいため課す。

制約 6：同じ教科の科目の割り当てを同じ時間帯に 1 コマまでにする

同じ教科の科目が 1 限のコマに複数割り当てられると遅刻する生徒が単位を落としてしまうため、また、同じ教科の科目が昼休み後の 4 限のコマに複数割り当てられると居眠りする生徒が多く成績が下がってしまう恐れがあるために課す。

制約 7：教員が 3 連続授業を行うことを避ける

同じ教員が連続して授業を行うと、授業準備に負担がかかる、体力的にも厳しいために課す。

この制約をアニーリングマシンで解くためにハミルトニアンとして定式化し、実データを用いてアニーリングマシンで計算を実行した。このとき、27 クラス (9 クラス / 1 学年 3 学年分)、25 コマの時間割データ (5, 625 ビット) を用いた。また、この解析では以下の制約を適用した。

制約 3：1 名 1 限に出勤しない、2 名曜日固定にするよう設定した。

制約 4：家庭科の科目 4 ペアを連続にするよう設定した。

制約 5, 6：同じ教科の全ての科目について設定した。

制約 7：全ての教員について設定した。

アニーリングマシンとして、2 種類のアニーリングマシン (フィックスターズ GPU マシンおよび D-Wave 2000Q) を用いた計算を実行し、提案された時間割の例を表 1 に示す。

表 1 提案された時間割の例

1-3	月	火	水	木	金
1	コミュ英	体育	数学	コミュ英	現代文
2	家庭基礎	コミュ英	体育	保健	情科研
3	家庭基礎	現代文	生命科学	生命科学	芸術
4	政治経済	古文	英語表現	数学	芸術
5	生命科学	数学	数学	総合	古文

時間割作成アプリケーションでは、まず教員がエクセルファイルをアップロードし

て、学年数やコマ数、お昼休みの位置などの情報を入力する。情報が入力できたら図1の画面で具体的な制約を入力する。その後アニーリングマシンで最適化を行い、基本制約を破ってしまった場合にはその時間割を返さないが、基本制約を満たしていた場合には拡張制約がいくつ破られていても時間割データを返す仕組みとした。現在はこの時間割作成の過程を10回分行う設定になっており、(10 - 基本制約を破った回数)個分の時間割が出力される。時間割作成が完了すると、図2のような画面になる。時間割を「重要な制約」「先生の負担」「生徒の負担」という3つの観点からみた得点を計算し、その合計点の高い順に時間割の候補を表示するようになっている。水色のスペースにどの拡張制約が破れているかを表示するようしており、この中から教員にとって最も都合の良い時間割を選び、その時間割ファイル(Excel形式)をダウンロードする。

127.0.0.1:8000/make/constraint/

あらかじめコマを指定する授業を選択してください (HRは水曜5限にする、など)

国語 (A) を 月1 限に指定 追加

教員名とその教員が休みをとるコマを選択し、「追加」を押してください

マイク 追加

	月	火	水
1	<input type="checkbox"/> 月1	<input type="checkbox"/> 火1	<input type="checkbox"/> 水1
2	<input type="checkbox"/> 月2	<input type="checkbox"/> 火2	<input type="checkbox"/> 水2
3	<input type="checkbox"/> 月3	<input type="checkbox"/> 火3	<input type="checkbox"/> 水3

2時間連続にしたい授業を選択し、「追加」を押してください (クラス名を間違えないように注意してください)

※同じクラスの同じ授業はここでは選択できません (下で選択してください)

例1) 「数学 (1A) と国語 (1A)」 → 1Aの数学と国語が2コマ連続になる

例2) 「体育 (1A,1B) と体育 (1C,1D)」 → 1A,1Bの体育と1C,1Dの体育が2コマ連続になる

国語 (A) と 国語 (A) 追加

同じクラスの同じ授業を連続にしたいとき

例) 「数学 (1A)」を選択すると1Aの数学が2コマ連続になる

図 1 制約入力画面

時間割の候補 No.1 時間割表を見る

総合評価 299.0 点

重要な制約 100.0 点 制約破りはありません！	先生の負担 100.0 点 先生方に優しい時間割です！	生徒の負担 99.0 点 1日に複数入ってしまっている科目 ・ Cクラスの国語 1限, お昼休み後に同じ科目が多い ・ B, Cクラスの英語
-------------------------------------	---------------------------------------	---

前のページで手動で入れた制約をすべて満たしている

**破ってしまった拡張制約5, 6
(この制約はデフォルトで入れるように設定してある)**

時間割の候補 No.2 時間割表を見る

総合評価 298.5 点

重要な制約 99.5 点 制約破りはありません！	先生の負担 100.0 点 先生方に優しい時間割です！	生徒の負担 99.0 点 1限, お昼休み後に同じ科目が多い ・ Aクラスの国語
------------------------------------	---------------------------------------	---

図 2 時間割評価の出力画面

4. 新規性・優位性

今回、アニーリングマシンを用いたことで複数の時間割の提供を実現した。これにより、様々な学校のニーズに合わせて最も都合が良い時間割を選択することができる。さらに、アニーリングマシンでは制約が満たされていなくても最も良い時間割を返すため、教員にとってより良い時間割を作成することができる。

5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

想定しているユーザーは教員の入れ替わりが激しい公立の中学・高校である。この時間割作成アプリケーションを利用することで、毎年時間割作成に割いている業務時間を大幅に削減することができる。さらに今後、他の学校に関連するスケジューリング問題も自動化し、教員の業務量過多を解消していきたい。

6. 氏名（所属）

折田 祐希美(お茶の水女子大学 理学部情報科学科 工藤研究室)

向井 かのん(お茶の水女子大学 大学院人間文化創成科学研究科 工藤研究室)

(参考) 関連 URL

(時間割作成の Web アプリケーション)<https://github.com/CanonMukai/timetable>