

中学校のカリキュラムにおける授業時間割の自動生成

Automatic generation of lesson timetables for junior high school curriculum

20216034 大野 涼太 [関澤研究室]

1 はじめに

現在、中学校や高等学校などにおける授業時間割の作成や編成はすべて教務主任が手作業で行っている。また、日本大学工学部情報工学科においても、授業時間割の作成や編成は手作業で行っている背景もある。そこで、本研究では、中学校の授業時間割の作成や編成に関して着目する。そもそも中学校では、中学校学習指導要領(平成 29 年度)^[1]に記載がある「年間 35 週以上にわたって行う」に基づいて、学校教育法施行規則における各科目において年間に行うべき授業時数（以下、標準授業時数）から 1 週間あたりに行うべき授業時数を算出し、それを割り振ることで授業時間割を作成している。しかしながら、これを作成するには多大な時間や労力を伴うため、本来の教員の重要な仕事である授業を行うことやその準備をする時間が確保できない可能性などが懸念される。また、中学校や高等学校など学校には様々な種類があり、さらに、教員の人数や教室の数なども学校によって異なる。同じ授業時間に 1 人の教員に対して 2 つ授業が入ってしまうことや 1 つの教室を 2 学級で使用するなどことは、避けなければいけないため、授業時間割の自動生成は複雑で制約が多いため実用化に至っていない。ゆえに、本研究では、関連研究^{[2][3]}をもとに充足可能性問題を解決する手法である SMT ソルバを用いて中学校のカリキュラムにおける授業時間割の自動生成の手法を検討する。

2 準備

2.1 中学校学習指導要領（平成 29 年度）

中学校学習指導要領（平成 29 年度）とは、全国のどの地域で教育を受けても、一定の水準の教育を受けられるようにするため、文部科学省が、学校教育法等に基づき、各学校で教育課程（カリキュラム）を編成する際の基準を定めたものである。また、学校ごとに、それぞれの教科等の目標や大まかな教育内容を定めており、これとは別に、表 1 に示すとおり、学校教育法施行規則で教科等の標準授業時数等が定められている。

表 1. 学校教育法施行規則における標準授業時数

区分		第1学年	第2学年	第3学年
各教科等の授業時数	国語	140	140	105
	社会	105	105	140
	数学	140	105	140
	理科	105	140	140
	音楽	45	35	35
	美術	45	35	35
	保健体育	105	105	105
	技術・家庭	70	70	35
	外国語	140	140	140
特別の教科である道徳の授業時数		35	35	35
総合的な学習の時間の授業時数		50	70	70
特別活動の授業時数		35	35	35
総授業時数		1015	1015	1015

2.2 授業時間割

授業時間割とは、クラス単位で 1 日の授業を時間区分に割り振り、曜日ごとに表にして表したものを指す。中学校では 1 単位あたり 50 分である。標準授業時数に基づき、総授業時数 1015 時間を 35 週にわたって行うことを考慮すると、1 週間で 29 コマ実施できるように授業時間割を構成する必要がある。よって、1 日あたり 6 コマ授業する日が 4 日、5 コマ授業をする日が 1 日と算出できる。本研究では、金曜日が 5 コマ授業を行う日とし、それ以外の曜日が 6 コマ授業をする日とする授業時間割表を用いる。

2.3 充足可能性問題と SMT ソルバ

充足可能性問題（Satisfiability Problem）とは、真または偽を表す論理変数とそれらの否定からなる和積形論理式が与えられているとき、この式が真になるような論理変数への割り当てが存在するとき充足可能といい、それを判別する問題のことである。また、充足可能性問題の英語訳の頭文字 3 つを取り、「SAT」とも呼ばれている。また、SMT ソルバとは、命題論理を扱う SAT ソルバに対して、一階述語論理を扱うソルバである。代表的な SMT ソルバには Z3^[4]、yices^[5]などがある。本研究では、Microsoft によって開発された Z3 という SMT ソルバを用いて研究を行う。

3 手法

本研究では、中学校のカリキュラムにおける授業時間割を自動生成する手法を検討するにあたり、以下の条件 1～3 に基づき授業時間割を自動生成する。

1. 全学級の数 は 3 学級とする。即ち、各学年における学級数は 1 学級とする。
2. 各教科等における教員の人数は 1 人とする。
3. 特別の教科である道徳（以下、道徳）や総合的な学習の時間（以下、総合）、特別活動の授業は担任教員が行うものとし、同じ授業時間に 1 人の教員に対して 2 つ授業が入ってしまうことは考えないものとする。

手法の流れとしては、各学年における学級毎に授業時間割を生成する手法を検討したのち、全学級に拡張する手法を検討することで、授業時間割を生成する。本研究では、上記で示した条件に基づき、各学年における学級毎に生成する手法を検討する。

3.1 各学年における学級毎の授業時間割の生成

各学年における学級毎の授業時間割を生成するにあたり、以下の手順 1～3 に従い、授業時間割を生成する。

1. 1 週間あたりの授業コマ数の算出
表 1 の標準授業時数に基づき、35 週にわたって行うことを考慮すると、表 2 に示すとおり 1 週間あたりの授業コマ数を算出することができる。ただし、第 1 学年の音楽、美術、総合の授業に関しては、標準授業時数が 35 の倍数ではないために、一律の授業コマ数を算出できない。本研究では、音楽、美術を各 1 コマ、総合を 2 コマとして算出する。

	配列	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
配列	曜日	月1	月2	月3	月4	月5	月6	火1	火2	火3	火4	火5	火6	水1	水2	水3	水4	水5	水6	木1	木2	木3	木4	木5	木6	金1	金2	金3	金4	金5
0	国語																													
1	社会																													
2	数学																													
3	理科																													
...	...																													

図 1. 第 1 学年の 1 つの学級に対して自動生成した授業時間割の一部

表 2. 1 週間あたりの授業コマ数

区分		第1学年	第2学年	第3学年
各教科等の授業コマ数	国語	4	4	3
	社会	3	3	4
	数学	4	3	4
	理科	3	4	4
	音楽	1	1	1
	美術	1	1	1
	保健体育	3	3	3
	技術・家庭	2	2	1
	外国語	4	4	4
特別の教科である道徳の授業コマ数		1	1	1
総合的な学習の時間の授業コマ数		2	2	2
特別活動の授業コマ数		1	1	1
1週間あたりのコマ数の合計		29	29	29

2. 科目と曜日の表の作成

次に手順 1 で算出した各教科等のコマ数を割り振るための表を図 1 に示すとおり作成する。縦は科目とし、全部で 12 ある。横は曜日であり、月曜日から金曜日まで繋がっているものとし、全部で 29 ある。また、縦横ともに配列番号を 0 から振る。

3. SMT ソルバで授業の有無の判別

最後に手順 2 で作成した表に対して、授業を行う箇所は黒く塗りつぶして表す。縦は 1 コマしか入れることができないこと、横は手順 1 で算出したコマ数を入れることを考慮し、SMT ソルバで検証する。実際の SMT ソルバは、黒く塗りつぶすならば 1、塗りつぶさないのならば 0 を出力させるように動作する。さらに、第 1 学年と第 2 学年の技術・家庭は 2 コマ続けて授業を行うものとした。結果として、各学年における学級毎に、同じ時間に 2 つの授業が入らないような授業時間割を自動生成できる。第 1 学年を例としてあげると、図 1 に示すとおり、授業を行う箇所を黒く塗りつぶした図を作成することができ、授業時間割が自動生成された。同様に、第 2 学年、第 3 学年ともに授業時間割が自動生成される。

3.2 制約付きの授業時間割の生成

各学年における学級毎の授業時間割を生成するにあたり、図 1 に示すとおり生成される。しかし、同じ曜日に同じ教科の授業が 2 つ以上入ってしまう箇所が見られる。例えば、火曜日の 5, 6 限目に理科が連続で入っている。ここで、同じ曜日に同じ教科の授業が 2 つ以上入ってしまうことを防いだ授業時間割を制約付きの授業時間割と呼ぶ。制約付きの授業時間割は、以下の処理 1~3 をすることで実現する。

- 横の配列番号を 6 で割ることで余りを算出する。
- 処理 1 で算出した余りに基づき、次の曜日にコマを移動する。配列番号を n ($0 \leq n \leq 28$)、移動するコマ数を $X(n)$ 、処理 1 で算出した余りを $R(n)$ とすると、以下の式(1)の規則で移動できる。

$$X(n) = 6 - R(n) \quad (1)$$

- 黒く塗りつぶした時点で、次に黒く塗りつぶす箇所を処理 2 で算出した値に基づき移動する。

処理 1~3 をすることで制約付きの授業時間割を実現できるが、金曜日に対するコマに関しては、同様の処理をすることができない。また、横の配列番号の余りに着目するのではなく、曜日に合わせた横の配列番号の範囲に着目して制約付きの授業時間割を実現する処理も考えられる。しかし、処理する量が膨大となるため本研究ではこの処理の方法を考えない。

4 評価と考察

本研究では、手法で提示した条件 1~3 を満たした授業時間割が自動で生成できているかを評価する。さらに、同じ時間に 2 つ以上の授業が入らないか、また、同じ曜日に同じ授業が 2 つ以上入らないかに関して考える。本研究で自動生成した授業時間割は、1 週間あたりのコマ数に応じて、同じ時間に 2 つ以上の授業を行うことがないように割り振ることができる。また、2 コマ続けて授業を行わなければならない授業に関して処理することができる。しかし、2 コマ続けて授業を行う必要がない科目でも、自動生成する際に偶然 2 コマ続けて授業が入ることがある。また、同じ曜日に同じ教科が 2 つ以上入ってしまうこともある。本研究では 1 学年ごとに授業時間割の自動生成をしたため、他学年の授業時間割と比較したことで、同じ時間に 2 つ以上の授業を行う箇所がある。

5 まとめ

授業時間割の自動生成ができるが、同じ曜日に同じ教科の授業が 2 つ以上入ってしまうことがある。さらに、他学年の授業時間割と比較したことで、同じ時間に 2 つ以上の授業を行う箇所がある。今後の課題としては、制約付きの授業時間割の生成の手法を検討したため、制約付きの授業時間割の実現及び制約をさらに増やし、汎用性を高めた授業時間割の自動生成があげられる。

参考文献

- [1] 初等中等教育局教育課程課，“学習指導要領とは何か？”，文部科学省，平成 23 年 2 月，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/idea/1304372.htm，(参照 2024-12-19)
- [2] 熊澤努. SMT ソルバー Z3 を使った問題解決入門. GSLetterNeo. 2020, vol.148, p.1-10.
- [3] 富田空, 安藤崇央. SMT ソルバーを用いたパラメータ自動求解システムの開発. 日本ソフトウェア科学会 第 39 回大会(2022 年度)講演論文集. 2022, p.1-2.
- [4] de Moura, L. and Bjørner, N.: Z3: An Efficient SMT Solver, *Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems*, Ramakrishnan, C. R. and Rehof, J.(eds.), 2008, pp. 337–340.
- [5] Dutertre, B.: Yices 2.2, *International Conference on Computer Aided Verification*, Springer, 2014, pp. 737–744.