

時間割の自動作成システム

2020SS078：田中慎二郎 2020SS087：山本将聖

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

現在、多くの学校の時間割作成は教員が手作業で行っている。時間割作成を行う際には科目の重複や教員の負担、各クラスの1日の科目のバランス等を考慮しなければならず、これらを手作業で行うには多くの時間と労力をかける必要がある。

ここで対象とする中学校が行っている時間割作成の流れを述べる。その中学校では、時間割作成のアプリを用いて、時間割の大枠を決めている。しかし、考慮すべき条件が学校によって異なるため、時間割を作成するソフトウェアは多数販売されているが、そのまま利用できるものはなかなか見つからない。実際、この中学校が利用するアプリでも科目、教員、必要単位数を入力することで時間割が作成されるのだが、それは必要単位数を満たすように科目をランダムに割り当てのみで、その中学校独自のルール、教室の使用状況、教員の負担などといった現実的なところは全く考慮されていない。そのため、アプリで時間割を作成した後、数学や理科を担当する教員が中心となって時間割作成委員会を立ち上げ、教員の負担や1日の授業科目に偏りがないかなどを確認し、手作業で直している。時間割作成をしている期間、教員は夜遅くまでこの仕事をしており、とても苦労している。

[1]によると、中学校教員の77.1%、小学校教員の64.5%が国の定めた上限の月45時間を超える残業をしている。さらに中学校で36.6%、小学校で14.2%の教員が過労死ラインといわれる月80時間を超える残業をしている。また、教員は授業の準備や学級通信・掲示物の作成などを自宅に持ち帰って取り組むこともある。これを平日1日あたり中学校教員が32分、小学校教員が37分行っている。この業務は上記の残業時間には含まれていないため、それを踏まえるとさらに多くの時間を業務に費やしていることになる。平成28年度の調査結果と比較すると勤務時間は減少しているものの、教員の勤務実態は依然として厳しい状況にあるといえる。

このように教員は授業の準備・実施、生徒の指導のみならず、会議の出席、学級通信・掲示物の作成、テストの採点など業務が多岐にわたるため、長時間労働を強いられる。この中学校では来年度の時間割作成を3月に行っており、授業がない期間もあるが、春休みに入ったとしても、部活動や新年度への引き継ぎなどでこの時期は多忙を極める。そのような中で時間割作成に時間と労力をかけなければならない。これは教員にとって大きな負担となる。時間割の自動作成システムを作成することができれば、厳しい状況にある教員の負担を軽減でき、さらには生徒への指導時間

や授業の準備時間を増加させることもできるため、よりよい教育現場につながると考える。

2 対象とする中学校について

2.1 基本データ

対象とする中学校は、1年生が6クラス、2年生が5クラス、3年生が6クラス、特別支援のクラスが4クラスの合計21クラスで、教員は36人である。月曜日は5限、火曜日～金曜日は6限までである。また、1週間の必要単位数は学年ごとに異なる。

2.2 独自の条件

時間割において、各学校によって考慮すべき独自の条件がある。以下に今回、時間割を作成する中学校の特徴的な条件を示す。

1つ目は音美総という科目があることである。これは1年生が実施する科目で音楽、美術、総合を必要単位数を満たすように、これらの科目のどれかを実施するものである。週に1回、1組と2組、3組と4組、5組と6組が同じ曜日、同じ時限に実施する。1年生の音楽、美術、総合の1週間の必要単位数は1.3単位であるが、それらはそれぞれの科目としては1単位しか設けられていない。そのため、音美総で残りの0.3単位分を補う必要がある。1組と2組が音美総を実施する場合、ある週で1組が音楽を、2組が美術を実施すると、次の週では1組が美術を、2組が総合を実施し、さらに次の週では1組が総合を、2組が音楽を実施する。このように3週をローテーションしていくことで必要単位数を満たすようにする。他クラスの音美総も同様である。

2つ目は友愛というクラスがあることである。これは特別支援の学級で全部で4クラスある。友愛クラスには4つの特徴がある。

1. 自立や図工といった特有の科目がある。
2. 各クラスによって実施する科目や必要単位数が異なる。図工は友愛1クラスのみで実施されていたり、英語は友愛4クラスでは実施されていなかったりする。
3. 1～3年生のクラスとは異なり、国語、数学、理科などの科目を実施しない時間帯がある。友愛クラスにもそれぞれ担任がいるため、その時間についてはその担任が行うことを決定している。
4. 教員が担当ではない科目を教える場合がある。通常は理科を担当している教員が友愛1クラスでは英語や数学を実施している。

3つ目は道徳、総合、学活についてである。道徳、総合は学年で同じ曜日に実施する。道徳は1年生が3限に、2年生、3年生、友愛クラスが4限に実施し、総合は全学年6限

に実施する。また、学活は1~3年生においては学年で同じ曜日の6限に実施する。

3 時間割作成の方針

上記の条件においては以下のような方針で時間割作成をしていく。

1. 音美総を1年生のそれぞれのクラスで表1のように先に割り当てる。

表1 音美総を割り当てた1年生の時間割

		月曜日					
	1組	2組	3組	4組	5組	6組	
1	音美総	音美総	-	-	-	-	
2	-	-	音美総	音美総	-	-	
3	-	-	-	-	音美総	音美総	
4	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	-	

2.2で述べたように音美総はそれぞれの時間帯で音楽、美術、総合を週替わりで実施する。そのため、月曜日では、音楽と美術の担当教員は1~3限、1年1組と1年2組の担任は1限、1年3組と1年4組の担任は2限、1年5組と1年6組の担任は3限に他のクラスで授業を実施しないようにしておく。そして音美総で担当する科目の週にそれぞれの教員が授業を実施できるようにする。

2. 友愛クラスについては、基本的には1~3年生のクラスと同様にそれぞれのクラスで必要単位数を満たすように時間割を作成する。しかし、友愛クラス特有の科目や通常、担当科目でない教員が教える科目については先に割り当てておく。

表2はその割り当てた友愛1クラスの時間割である。

表2 友愛1クラスの割り当てた時間割

	月	火	水	木	金
1	体育(友I)	図工(友I)	数学(友IV)	-	図工(友I)
2	-	図工(友I)	-	-	図工(友I)
3	数学(友IV)	-	英語(友IV)	体育(友I)	-
4	-	-	技家(友IIIII)	-	-
5	-	英語(友IV)	体育(友I)	英語(友IV)	-
6	-	自立(友I)	-	-	-

()内は担当教員を表している。他の友愛クラスも同様に割り当てる。

また、通常の授業を実施しない時間帯は友補という科目を実施する。この友補は基本的にはそれぞれのクラスの担任が担当する。しかし、友愛クラスの担任の担

当科目は主教科の理科から技術、家庭科などの副教科と様々であり、担当ではない科目を教える教員もいる。加えて学活、友補の回数はクラスによって異なる。これらのことから友愛クラスの教員だけではやりくりするのが難しくなる、あるいは教員の負担に偏りが出ると考えた。そのため、ダミー教員を用意する。ダミー教員とは実際には存在しないが、設定した教員だけでは時間割作成が難しいときに割り当てられる教員である。このダミー教員を追加しておき、その教員が割り当てられた場合、その時間帯には全教員のうち授業を実施しない教員がそのクラスを担当することとする。

3. 道徳、総合、学活もそれぞれの時間帯に割り当てるようにする。

4 定式化

以下、[2], [3], [4]を参考にした定式化を示す。

4.1 記号の定義

集合

J : 教員の集合

D : 曜日の集合

G : 学年の集合

C : クラスの集合

T : 時限の集合

I : 科目の集合

F : 必要単位数の集合

I_l : 道徳の集合

I_m : 総合の集合

I_n : 学活の集合

J_o : 1~3年生の担任の集合

J_a : 音楽、美術、1年1組と1年2組の担任の集合

J_b : 音楽、美術、1年3組と1年4組の担任の集合

J_c : 音楽、美術、1年5組と1年6組の担任の集合

定数

j : 教員 ($j \in J$)

d : 曜日 ($d \in D$)

g : 学年 ($g \in G$)

c : クラス ($c \in C$)

t : 時限 ($t \in T$)

i : 科目 ($i \in I$)

変数

集合と定数を使用して変数を定義する。

$$x_{dtgci} = \begin{cases} 1 & \text{曜日 } d \text{ の時限 } t \text{ に学年 } g \text{ のクラス } c \\ & \text{で科目 } i \text{ を実施する} \\ 0 & \text{実施しない} \end{cases}$$

$$y_{dtj} = \begin{cases} 1 & \text{曜日 } d \text{ の時限 } t \text{ に教員 } j \text{ が授業を} \\ & \text{実施する} \\ 0 & \text{実施しない} \end{cases}$$

z_{dtg} : 曜日 d の時限 t に授業を実施しない学年 g の教員の人数

4.2 制約条件

各時限では必ず1つの科目を実施する.

$$\sum_{i \in I} x_{dtgci} = 1, \quad d \in D, t \in T, g \in G, c \in C \quad (1)$$

同じ曜日, 同じ時限に教員が2つ以上のクラスの科目を実施しない.

$$\sum_{d \in D} \sum_{t \in T} y_{dtj} \leq 1, \quad j \in J \quad (2)$$

各科目を1週間の必要授業数分実施する.

$$\sum_{d \in D} \sum_{t \in T} x_{dtgci} = F_{(i)}, \quad g \in G, c \in C, i \in I \quad (3)$$

各科目を1日に2回以上割り当てない.

$$\sum_{t \in T} x_{dtgci} \leq 1, \quad d \in D, g \in G, c \in C, i \in I \quad (4)$$

1年生は道徳を3限に実施する.

$$\sum_{i \in I_1} x_{dtgci} = 0 \quad (5)$$

$$d \in D, t \in T - \{3\}, g \in \{1\}, c \in C$$

2年生, 3年生, 友愛クラスは道徳を4限に実施する.

$$\sum_{i \in I_1} x_{dtgci} = 0 \quad (6)$$

$$d \in D, t \in T - \{4\}, g \in \{2, 3, 4\}, c \in C$$

全学年, 総合を6限に実施する.

$$\sum_{i \in I_m} x_{dtgci} = 0 \quad (7)$$

$$d \in D, t \in T - \{6\}, g \in G, c \in C$$

1~3年生は学活を6限に実施する.

$$\sum_{i \in I_n} x_{dtgci} = 0$$

$$d \in D, t \in T - \{6\}, g \in \{1, 2, 3\}, c \in C$$

道徳を学年で同じ曜日に実施する(1年生).

$$x_{dtgci} = x_{dtg, c+1, i}$$

$$d \in D, t \in T - \{3\}, g \in \{1\}, c \in C, i \in I_1$$

道徳を学年で同じ曜日に実施する(1年生以外).

$$x_{dtgci} = x_{dtg, c+1, i} \quad (10)$$

$$d \in D, t \in T - \{4\}, g \in \{2, 3, 4\}, c \in C, i \in I_1$$

総合を学年で同じ曜日に実施する.

$$x_{dtgci} = x_{dtg, c+1, i} \quad (11)$$

$$d \in D, t \in T - \{6\}, g \in G, c \in C, i \in I_m$$

学活を学年で同じ曜日に実施する(1~3年生).

$$x_{dtgci} = x_{dtg, c+1, i} \quad (12)$$

$$d \in D, t \in T - \{6\}, g \in \{1, 2, 3\}, c \in C, i \in I_n$$

教員が1日に実施できる授業数には上限がある(月曜日).

$$\sum_{t \in T} y_{dtj} \leq 4, \quad d \in \{1\}, j \in J \quad (13)$$

教員が1日に実施できる授業数には上限がある(火曜日~金曜日).

$$\sum_{t \in T} y_{dtj} \leq 5, \quad d \in \{2, 3, 4, 5\}, j \in J \quad (14)$$

音美総の時間帯(月曜日1限)に音楽, 美術の担当教員と1年1組, 1年2組の担任は授業をしない.

$$\sum_{j \in J_a} y_{dtj} = 0, \quad d \in \{1\}, t \in \{1\} \quad (15)$$

音美総の時間帯(月曜日2限)に音楽, 美術の担当教員と1年3組, 1年4組の担任は授業をしない.

$$\sum_{j \in J_b} y_{dtj} = 0, \quad d \in \{1\}, t \in \{2\} \quad (16)$$

音美総の時間帯(月曜日3限)に音楽, 美術の担当教員と1年5組, 1年6組の担任は授業をしない.

$$\sum_{j \in J_c} y_{dtj} = 0, \quad d \in \{1\}, t \in \{3\} \quad (17)$$

1~3年生の担任は午前中(4限まで)に授業を実施しない時限がある.

$$\sum_{t \in T} y_{dtj} \leq 3 \quad (18)$$

$$d \in D, t \in \{1, 2, 3, 4\}, j \in J_o$$

x と y の関係式

$$x_{dtgci} = y_{dtj} \quad (19)$$

$$d \in D, t \in T, g \in G, c \in C, i \in I, j \in J$$

4.3 目的関数

(8) 所属学年ごとの授業を実施しない教員の人数の偏りを最小化する目的関数は,

$$\text{Minimize } \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} \left\{ \max_{g \in G} (z_{dtg}) - \min_{g \in G} (z_{dtg}) \right\} \quad (20)$$

5 システムについて

使用する言語はPythonである。Pythonで数理最適化する際のライブラリとしてはPuLPを活用する。また、PCの環境はWindows11である。

今回作成するシステムでは、データをcsvファイルとして受け取り、Python上で時間割を作成する。まず、教員や科目、必要単位数などの学校のデータをcsvファイルに書き出し、Pythonでそれを読み込み、プログラムを実行する。その結果を再びcsvファイルに書き出す。

6 システムの実現

6.1 教員の負担を軽減する制約

今回の時間割の自動作成システムは教員の負担を軽減することを目的としているため、作成する時間割においても教員の負担を考慮した。式(13)、式(14)で教員が1日中授業を実施することをなくした。また、式(18)は担任の負担を軽減するものである。担任は生徒の日誌の確認などの仕事を午前中に終わらせるようにしている。しかし、授業で忙しくなれば、それらを授業と授業の間や昼食中に行わなければならない。その場合、担任は休憩せずに仕事をすることになる。それを避けるため、午前中に授業を実施しない時限をつくり、担任の仕事をする時間を設けた。

6.2 結果

定式化したものをもとに時間割の自動作成システムを作成した。ここでは1年1組、3年1組、友愛4クラスの作成した時間割をそれぞれ表3、表4、表5に示す。

表3 1年1組の時間割

	月	火	水	木	金
1	音美総	社会	国語	国語	英語
2	理科	体育	理科	英語	国語
3	数学	理科	社会	道徳	体育
4	国語	英語	音楽	美術	数学
5	体育	数学	英語	社会	技術
6	—	学活	数学	家庭科	総合

表4 3年1組の時間割

	月	火	水	木	金
1	社会	英語	体育	体育	理科
2	数学	国語	社会	社会	美術
3	理科	理科	英語	英語	国語
4	技家	音楽	数学	道徳	数学
5	英語	社会	国語	理科	体育
6	—	学活	総合	数学	総合

表5 友愛4クラスの時間割

	月	火	水	木	金
1	理科	国語	社会	数学	数学
2	国語	美術	友補	学活	社会
3	数学	学活	数学	友補	友補
4	社会	理科	技家	道徳	理科
5	友補	音楽	体育	社会	国語
6	—	自立	総合	理科	総合

表5の太枠の友補はダミー教員が担当することを表している。

実行時間は約7分33秒であった。また、友愛4クラスの時間割にはダミー教員が1回割り当てられた。その時間には、友愛4クラスの担任は友愛1クラスで数学の授業を実施している。

7 おわりに

本研究では、対象とする中学校独自の条件を踏まえ、教員・科目の重複や教員の負担、各クラスの1日の科目のバランス等を考慮した時間割の自動作成システムを作成した。全学年、全クラスの時間割を作成することができ、今までその中学校で行っていた方法よりも短時間で時間割作成を行えるようにした。教員からのフィードバックでは、短時間で実際に実施可能な時間割を作成できる点では良い評価をいただいた。しかし、まだ実用的なものではない。システムに詳しくない教員がこの時間割の自動作成システムを利用することは容易ではないからである。実際に学校で利用できるように、インターフェースを用意し、教員がシステムに触れなくても時間割作成を行えるようにする必要がある。また、教員の都合、日程の変更等による急な時間割変更は珍しくない。より実用的なものにするためにはこれにも対応できるようにする必要がある。

時間割作成は各学校によって考慮すべき条件が異なることから容易にはできず、一度時間割を作成したとしても今後の状況次第でどんどんかわっていく。我々は最初の時間割を作成するという段階を行った。今後、実用性の高いシステムが普及することで教員の負担がより軽減され、勤務状況の改善につながることを願う。

参考文献

- [1] 文部科学省：「教員勤務実態調査（令和4年度）の集計（速報値）について」。
https://www.mext.go.jp/content/20230428-mxt_zaimu01-000029160_2.pdf
最終閲覧日：2024年1月11日
- [2] @ryosuke0010：「数理最適化による時間割作成」。
<https://qiita.com/ryosuke0010/items/15daea482acc74ea90b>
最終閲覧日：2023年12月22日
- [3] 長谷川千晴、伊藤雄貴、植木絢香：「中高一貫校の時間割作成システムの改良—システムの実用化を目指して—」，南山大学情報理工学部情報システム数理工学2014年度卒業論文，2014。
最終閲覧日：2023年12月26日
- [4] 太田正和：「時間割編成システムの研究」，南山大学大学院数理情報研究科2006年度修士論文，2007。
最終閲覧日：2023年12月26日