

大学の時間割自動編成システムの研究

M2009MM014 光部翔太

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

大学の時間割編成は、一般に教職員の手作業によって行われ、膨大な時間を要することが多い。しかも、時間をかけて編成した時間割でもさまざまな問題点を持つことが多く、教員や学生から不満の声が上がることもある。このような現状を改善するために、近年、時間割自動編成システムの開発に関する研究が進んでいる。堀尾 [1, 2] は、汎用プロジェクトスケジューラ SEES を用いた大学時間割編成システムを開発するために、時間割編成問題を RCPSP の枠組みで表現する方法を提案し、実データを用いて時間割編成を行った結果を示している。また、茨木ら [3] は、メタヒューリスティクスに基づく汎用ソルバを用いて時間割編成を行ない、その性能評価のために国際コンペティション ITC2007 に参加した内容と結果を示している。太田ら [4, 5] は、小中高等学校の時間割編成問題を 0-1 混合整数計画問題として定式化し、最適化ソフトウェアを用いて解くことにより、実用的な時間で時間割編成が可能であることを示している。このように多くの時間割自動編成システムに関する研究があるが、汎用性の高いものはあまり多くない。そこで、本研究では汎用性の高い時間割自動編成システムを開発することを目指し、光部ら [6, 7] の研究を発展させ、実用化に向けて時間割自動編成システムを作成する。

時間割自動編成システムの実用化のためには、操作性の高いユーザインタフェースの開発が重要であることはいうまでもないが、システムそのものの柔軟性も重要である。一般に、時間割自動編成システムが出力する時間割をそのまま使用できる可能性は低い。なぜなら、時間割が満たすべき条件には、時間割編成担当者の経験に基づく条件等が含まれることが多いからである。このような条件は、最適化問題の制約条件としては記述することが難しいことが多い。したがって、実用化にあたっては、システムが出力する時間割に対して、各科目の開講曜日時限の調整を時間割編成担当者が適宜行いながら、自動編成を再度行うことのできるフィードバック機能を備えた柔軟性の高さが望まれる。

本研究では、南山大学情報理工学部(旧：数理情報学部)の時間割編成問題を制約充足問題として定式化し、最適化ソフトウェアを用いて許容解を求める。大学全体での時間割編成問題は大規模になり、許容解を求めることが難しくなるので、はじめに、情報理工学部だけの時間割編成を対象とする。将来的に大学全体や他大学の時間割編成にも利用できることを目的とし、情報理工学部固有の条件等を可能な限り一般化した時間割編成モデルを提案する。

2 時間割編成の現状

本節では、時間割の自動編成を行う対象とする南山大学情報理工学部における時間割編成の現状と問題点について述べる。

南山大学は名古屋キャンパスと瀬戸キャンパスに分かれており、キャンパスごとに時間割編成を行っている。瀬戸キャンパスには、情報理工学部と総合政策学部の2学部がある。時間割編成の際には、はじめに共通教育科目(英語、体育など)の開講曜日時限を決定し、それらが決定したのち、各学部において学部および学科科目の時間割編成を行う。

時間割編成を難しくする要因の1つは、頻繁に時間割の調整の必要が生じることである。すでに開講曜日時限を決定した共通教育科目や教職科目でも、担当教員(主に非常勤講師や名古屋キャンパス所属教員)の都合などで再調整が必要となることがある。1つの科目の開講曜日時限が変更になることで、他の多くの科目が影響を受けることは多々あり、変更や調整があるたびに、時間割編成担当者は試行錯誤を繰り返しながら、時間割の調整・確認作業に膨大な時間を割いている。この作業は、時間割の提出期限ぎりぎりまで続けられることも少なくない。

時間割編成を難しくするもう1つの要因は、異なるカリキュラムを履修する学生が混在することである。カリキュラムは、おおむね4~5年に1度の頻度で改正されており、常に2つ以上の異なるカリキュラムを考慮して時間割編成を行う必要がある。また、取得すべき単位数の多い教職課程履修者、JABEE コース履修者等にとって不利にならない時間割を作成することも重要である。

時間割編成に関する作業は、数名の学部時間割編成担当者と教務事務担当者間で協力して進められる。しかしながら、上記に述べたように考慮すべき制約が非常に多く、時間割編成はますます困難になっているのが現状である。

3 モデルの説明

時間割編成モデルを作成するためには、実際の時間割編成で考慮している点を知ることが重要である。時間割編成にあたり考慮すべき点は、環境、教員、科目の3つの観点から考えることができる。それぞれの観点から以下の制約が挙げられる。

環境の制約

1. 各曜日時限で使用できる教室数を超える数の授業を開講できない。
2. 1つの教室で同じ曜日時限に2つ以上の授業をすることができない。
3. 教室の定員が決まっている。
4. 特別な設備のある教室で授業をしなければいけない。

科目がある。

教員の制約

1. 教員は担当可能科目以外の授業は行なわない。
2. 教員は同じ曜日時限に2つ以上の授業を担当することはできない。
3. 教員は都合の悪い曜日時限に授業を担当することはできない。
4. 教員の希望日程を考慮する。
5. 教員の1日の授業における負担を考慮する。
6. 担当教員が同じで複数クラス開講する科目は連続して授業を開講する。

科目の制約

1. 各科目で決められた数の授業を毎週開講する。
2. オムニバス形式の授業など、複数の教員が1つの授業を担当することがある。
3. 複数クラスを開講する科目の中には、そのすべてあるいは一部を同じ曜日時限に開講するものがある。
4. 履修対象者が同じである2つの異なる必修科目など、同じ曜日時限に開講することはできない科目がある。
5. 2時限連続で授業を開講する特別科目（実習科目など）がある。
6. 開講できない時間帯のある科目がある。

時間割編成モデルを作成するためには、これらの制約を考慮することが重要である。

また、定式化する際に「定置科目と変動科目」、「グループ」という概念を用いるので、それらについて説明する。

はじめに、「定置科目と変動科目」について述べる。時間割編成を行う際、科目によっては、大学や学部の都合などで担当教員と開講曜日時限が固定される場合がある。このような科目を「定置科目」と呼び、時間割の自動編成の対象とはしない。一方、時間割自動編成の対象とする科目を「変動科目」と呼ぶことにする。科目を定置科目と変動科目に分けることは、時間割編成担当者による時間割の調整の際にも役立つ。たとえば、変動科目の担当者変更により開講曜日時限を固定する必要が出た場合など、その科目を定置科目に修正後、再度時間割自動編成を行なうことによって対応可能である。このことは、膨大な時間を必要とする時間割の調整作業の軽減に役立つと考えられる。

次に、「グループ」について述べる。時間割編成の際には、同じ曜日時限に開講することのできない科目がある。たとえば、履修対象者が同じである2つの異なる必修科目を同じ曜日時限に開講することはできない。このように、互いに同じ時間帯に開講することができない科目の集合を「グループ」と呼ぶことにする。提案するモデルでは、グループを適切に作成することにより、教職課程やJABEEコースなどの選択コースを履修する学生にも履修しやすい時間割編成が可能となる。以下では、グループ作成の例を示す。

一般に、授業時間割は、学年学科やクラスなどの単位ごとに作成される。数理情報学部では、1, 2年次は学生

番号によって分けられた2つのクラス(1年次前半クラス, 1年次後半クラス, 2年次前半クラス, 2年次後半クラス)ごとに、また、3年次以上は学科(情報通信学科, 情報システム数理学科)ごとに、合計6つの時間割を作成している。クラス・学科ごとに履修できる科目が定められており、これらの科目を同一曜日時限に開講しないように時間割編成を行っている。したがって、時間割編成を行う単位であるクラスや学科ごとに履修できる科目の集合を1つのグループとみなすことができる。

さらに、履修対象者が同じで同一曜日時限に開講すべきでない科目があれば、それらの科目であらたにグループを設定することができる。これにより、教職課程やJABEEコースなどの選択コースを併設している場合、適切にグループを設定することで柔軟な時間割編成を行うことができる。

4 定式化

時間割編成問題を定式化するにあたり、以下の記号を定義する。

S : 科目の添字集合。

V : 変動科目の添字集合 ($V \subset S$)。

D : 定置科目の添字集合 ($D \subset S$)。

J : グループの添字集合。

S_j : グループ $j \in J$ に含まれるの科目の添字集合 ($S_j \subset S$)。

V_j : グループ $j \in J$ に含まれる変動科目の添字集合 ($V_j = S_j \cap V$)。

D_j : グループ $j \in J$ に含まれる定置科目の添字集合 ($D_j = S_j \cap D$)。

W : 2時限連続科目の添字集合 ($W \subset S$)。

W_j : グループ $j \in J$ に含まれる2時限連続科目の添字集合 ($W_j = S_j \cap W$)。

T : 時間帯の添字集合。

\hat{T} : 2時限連続科目の割り当てが可能な時間帯の集合 ($\hat{T} \subset T$)。

F : 教員の添字集合。

r_t : 時間帯 $t \in T$ に使用できる教室数。

e_s : 科目 $s \in V$ に必要な教員数。

$$a_{sf} = \begin{cases} 1: \text{教員 } f \in F \text{ が科目 } s \in V \text{ を担当できる,} \\ 0: \text{教員 } f \in F \text{ が科目 } s \in V \text{ を担当できない.} \end{cases}$$
$$b_{tf} = \begin{cases} 1: \text{教員 } f \in F \text{ が時間帯 } t \in T \text{ に授業を担当できる,} \\ 0: \text{教員 } f \in F \text{ が時間帯 } t \in T \text{ に授業を担当できない.} \end{cases}$$
$$c_{tf} = \begin{cases} 1: \text{教員 } f \in F \text{ が時間帯 } t \in T \text{ に定置科目を担当する,} \\ 0: \text{教員 } f \in F \text{ が時間帯 } t \in T \text{ に定置科目を担当しない.} \end{cases}$$
$$g_{dt} = \begin{cases} 1: \text{時間帯 } t \in T \text{ に定置科目 } d \in D \text{ を開講する,} \\ 0: \text{時間帯 } t \in T \text{ に定置科目 } d \in D \text{ を開講しない.} \end{cases}$$
$$h_{st} = \begin{cases} 1: \text{時間帯 } t \in T \text{ に科目 } s \in V \text{ を開講できる,} \\ 0: \text{時間帯 } t \in T \text{ に科目 } s \in V \text{ を開講できない.} \end{cases}$$

決定変数は以下のように定める.

$$x_{st} = \begin{cases} 1: \text{時間帯 } t \in T \text{ に科目 } s \in V \text{ を開講する,} \\ 0: \text{時間帯 } t \in T \text{ に科目 } s \in V \text{ を開講しない.} \end{cases}$$

$$y_{stf} = \begin{cases} 1: \text{教員 } f \in F \text{ が時間帯 } t \in T \text{ に科目 } s \in V \text{ を} \\ \text{担当する,} \\ 0: \text{教員 } f \in F \text{ が時間帯 } t \in T \text{ に科目 } s \in V \text{ を} \\ \text{担当しない.} \end{cases}$$

本研究では目的関数は設定しない. 制約条件は以下のとおりである.

$$\sum_{s \in V} x_{st} \leq r_t, \quad t \in T, \quad (1)$$

$$\sum_{t \in T} y_{stf} \leq a_{sf}, \quad s \in V \setminus W, f \in F, \quad (2)$$

$$\sum_{t \in T} y_{stf} \leq 2a_{sf}, \quad s \in W, f \in F, \quad (3)$$

$$\sum_{s \in V} y_{stf} + c_{tf} \leq b_{tf}, \quad t \in T, f \in F, \quad (4)$$

$$e_s x_{st} = \sum_{f \in F} y_{stf}, \quad s \in V, t \in T, \quad (5)$$

$$\sum_{t \in T} x_{st} = 1, \quad s \in V \setminus W, \quad (6)$$

$$\sum_{t \in T} x_{st} = 2, \quad s \in W, \quad (7)$$

$$\sum_{s \in V_j} x_{st} + \sum_{d \in D_j} g_{dt} \leq 1, \quad j \in J, t \in T, \quad (8)$$

$$x_{st} = x_{s(t+1)}, \quad s \in W, t \in \hat{T}, \quad (9)$$

$$\sum_{f \in F} y_{stf} = \sum_{f \in F} y_{s(t+1)f}, \quad s \in W, t \in \hat{T}, \quad (10)$$

$$x_{st} \leq h_{st}, \quad s \in V, t \in T, \quad (11)$$

$$x_{st} \in \{0, 1\}, \quad s \in V, t \in T, \quad (12)$$

$$y_{stf} \in \{0, 1\}, \quad s \in V, t \in T, f \in F. \quad (13)$$

制約条件 (1) は, 各時間帯で教室数を超える数の授業を開講することができないことを示している. 制約条件 (2)(3) は, 各教員が担当可能な科目のみを担当することを表し, 制約条件 (4) は, 各教員の担当できない時間帯には授業を担当しないことと各教員が時間帯ごとに1つの科目しか担当できないことを表している. 制約条件 (5) は, 各科目に必要な教員数を割り当てて示している. 制約条件 (6)(7) は, 各科目は指定された時限数だけ開講することを示している. 制約条件 (8) は, 同じグループに含まれる科目同士は同じ時間帯に開講しない制約である. 制約条件 (9)(10) は, 科目 $s \in W$ を2時限連続で割り当てて示しており, 制約条件 (3)(7) は科目 $s \in W$ が時間帯に2時限割り当てて示している. 制約条件 (11) は各科目は開講不可能な時間帯には開講しないことを示している. 制約条件 (12)(13) は, 変数の0-1整数制約である.

5 時間割自動編成システムの概要

時間割自動編成システムは Microsoft Excel で作成し, データ処理には VBA, 実行可能な時間割を求めるために最適化ソフトウェア IBM ILOG CPLEX を用いる. Excel ファイルは, 「main」, 「入力1」, 「入力2」, 「時間割表」の4つのシートで構成されている. 入力1シートと入力2シートに入力されたデータをもとに, mainシート(図1参照)から3つのプログラム「dataファイルの作成」, 「CPLEXでの計算」, 「時間割表の作成」を順次呼び出して時間割を作成する仕様になっている. 「dataファイルの作成」では, CPLEXの入力形式に変換したデータを作成し, 外部ファイルに出力する. 「CPLEXでの計算」では, CPLEXを起動して計算を行ない, 結果を外部ファイルに出力する. ここで出力される結果は0-1変数の最適解(図2参照)であり, このままでは時間割として機能しない. したがって, 最後に「時間割表の作成」では, CPLEXで出力された結果をもとに時間割の形式にしたものを時間割表シートに出力する(図3参照).

図1 mainシート

図2 CPLEXの実行結果

以下では, 時間割編成担当者がシステムを用いて時間割編成を行う際の手順について説明する. はじめに, 入力1シートでグループの設定を行い, 授業を行う曜日と時限数, 教員名等を入力する(図4(上)参照). 入力1シートで入力した情報をもとに, 入力2シートには科目に関する情報(必要教員数, 定置科目/変動科目の区分, 担当可能教員名, 開講曜日時限に関する制約等)を入力する(図4(下)参照). 入力1シートと入力2シートにデータ入力後, mainシートに用意されている「dataファイルの作成」, 「CPLEXでの計算」, 「時間割表の作成」の3つのボタンを順に押し続けてプログラムを実行し, 時間割自動編成を行なう(図1参照).

6 計算結果

2011年度情報理工学部の春学期と秋学期の時間割編成実データを使用し, 作成した時間割自動編成システムを用いて時間割の自動編成を行った. 使用した計算機は, Intel Core2 Duo プロセッサ (3.32GHz) 搭載の DELL Optiplex 960, メモリは1GBである.

春学期の問題に含まれる変数の数は27,900, 制約式の数は3,955で, 計算時間は0.01秒であった. また, 秋学期の問題に含まれる変数の数は32,400, 制約式の数は4,480, 計算時間は0.03秒であった. 春学期・秋学期共に各学年

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	1限			2限		3限		4限	
3	月曜	数学演習A前半(教員1,教員2,教員3,教員12,教員32)		微積分学I[SEI](教員2,教員20)		数学演習A後半(教員1,教員2,教員3,教員12,教員32)		プログラミング応用実習(教員3,教員6,教員9,教員33,教員34,教員35,教員36)	
4		情報社会と倫理(教員4,教員44)		線形代数学II[SEI](教員5)		プログラミング応用実習(教員3,教員6,教員9,教員33,教員34,教員35,教員36)		マルチメディア情報通信[SEI](教員7)	
5		リスト教授論[SEI](SEIGELMichael)	○	通信ネットワーク基礎2(教員3)		生命と環境(自然環境と生物)1(江田信豊)	○	生命と環境(キリスト教と環境)(SEIGELMichael)	○
6				代数系入門[SEI](教員1,教員15)		生命と環境(税金と社会)(木村幹隆)	○	知識・言語と情報社会(情報倫理)(奥田太郎)	○
7				知識・言語と情報社会(ことばと)(阿部泰明)	○	基礎演習I[SEI](教員2,教員9,教員12,教員25,教員32,教員35)	○	基礎演習II[SEI](教員6,教員9,教員30)	○
8						情報科教育法A(教員14)	○		
9						物理学基礎I(教員5)	○	微積分学I[SEI](教員1,教員15)	
10						確率・統計[SEI](教員8)	○	確率・統計[SEI](教員8)	
11	火曜	プログラミング応用(教員3,教員33)				英語IA[SEI] 上級レベル(O'CONNELLSean)	○	ソフトウェア開発技術(教員3,教員34)	
12		モザイクの系譜(近代科学史)(大野渡失登)	○			英語IB[SEI] 上級レベル(O'CONNELLSean)	○	英語I[SEI] 上級レベル(O'CONNELLSean)	○
13						英語II[SEI] 上級レベル(O'CONNELLSean)	○	基礎体育A(三浦修史)	○
14						モザイクの系譜(国民国家の諸問題)(X)	○	異文化との出会い(異文化体験から学ぶ)(古賀真美)	○
15								データベース基礎演習I4(教員6,教員9,教員30)	○
16								データベース基礎演習I4(教員6,教員9,教員30)	○
17								数学科教育法A(教員20)	○
18									
19	水曜	異文化との出会い(キリスト教との出会い)(VOLPEAngelina)	○	教理論理学[SEI](教員1,教員16)					
20				宗教論[SEI](西脇 良)					
21		生命と環境(地球環境のゆくえ)(藤本潔)	○	異文化との出会い(企業と諸外国の異文化)	○				
22		知識・言語と情報社会(システムと制御)(教員24)	○	コミュニケーションの取り方(李大義)	○				
23		モザイクの系譜(都市論)(教員23)	○	モザイクの系譜(労働観の変遷)(藤原道夫)	○				
24		教職入門1(宇田光)	○	生徒指導論(酒井博世)	○				
25		学校がキラム論(酒井博世)	○						
26	木曜	情報技術倫理[SEI](教員4,教員42)		基礎体育A1(三浦修史)	○	情報通信キャリア[SEI](教員1,教員14)		線形代数学II[SEI](教員5)	
27		ソフトウェア指向プログラミング[SEI](教員2,教員29)				英語コミュニケーション[SEI] 上級レベル(CROKERRobertA)	○	英語コミュニケーション[SEI] 上級レベル(O)	
28		異文化との出会い(社会言語学から見た異文化)(渡辺義和)	○			英語I[SEI] 上級レベル(O'CONNELLSean)	○	英語II[SEI] 上級レベル(O'CONNELLSean)	○
29						英語II[SEI] 上級レベル(O'CONNELLSean)	○	基礎体育A(三浦修史)	○
30		知識・言語と情報社会(偶然の中の規則性)(教員31)	○			モザイクの系譜(国民国家の諸問題)(X)	○		
31									
32		教職総合演習3(大塚弥生)	○						
33	金曜	物理学基礎2(教員5)		情報数学[SEI](教員1,教員16)		数値解析[SEI](教員2,教員20)		通信ネットワーク基礎1(教員3)	
34		電磁波工学(教員3,教員30)		制御理論[SEI](教員2,教員24)		教職入門3(宇田光)	○	プログラミング応用2(教員3,教員34)	
35		数理統計学[SEI](教員1,教員11)		線形計画法[SEI](教員1,教員17)		統計学2(教員11)	○	データベース[SEI](教員1,教員10)	
36		知識・言語と情報社会(計算機を用いた最適化計算入門)(教員22)	○	生命と環境(生命の科学)(成田靖子)	○			英語コミュニケーション[SEI] 中級レベル(O)	○
37		教育原論A(清田夏代)	○	統計学1(教員11)	○			英語II[SEI] 上級レベル(KAISERMeagan)	○
38		学校教育心理学(宇田光)	○	情報倫理[SEI](教員41)	○				
39									
40		情報倫理[SEI](教員41)	○						

図3 時間割表シート (○が定置科目, 空欄が変動科目)

1	A	B	C	D	E	F	G	H
1	グループの種類	曜日	時間数	時間帯	利用できる教室数	2時間連続科目の時間帯	教員名	教員の担当できない時間帯
2	1年前半	月曜	5	月曜1限	8		1教員1	
3	1年後半	火曜	5	月曜2限	8		教員2	
4	2年前半	水曜	2	2月曜1限	8		1教員3	
5	2年後半	木曜	4	4月曜1限	8		教員4	
6	ソフトウェア工学科	金曜	4	4月曜2限	8		1教員5	
7	システム制成品工学科	土曜	0	4月曜3限	8		1教員6	
8	情報システム概理学科	日曜	0	4月曜4限	8		1教員7	

1	B	C	D	E	F	G	H	I
1	科目	担当教員	必要教員数	科目時間	2時間連続科目の時間帯	グループの入力	2時間連続科目	複数2時間連続科目
58	微積分学I[SEI]	教員20	1	1定置科目		1年前半		
59	線形代数学II[SEI]	教員5	1	1定置科目		1年前半		
60	線形代数学II[SEI]	教員5	1	1定置科目		1年後半		
61	線形代数学II[SEI]	教員5	1	1定置科目		1年前半		
62	情報数学I[SEI]	教員16	1	1定置科目		1年前半		
63	情報数学I[SEI]	教員16	1	1定置科目	本棟1限	1年前半		
64	情報数学I[SEI]	教員16	1	1定置科目	本棟1限	1年前半		
65	情報数学I[SEI]	教員16	1	1定置科目	本棟1限	1年前半		
66	情報数学I[SEI]	教員16	1	1定置科目	本棟1限	1年前半		
67	数学演習A2	教員12	1	1定置科目		1年前半	数学演習A前半	
68	数学演習A3	教員12	1	1定置科目		1年前半	数学演習A前半	
69	数学演習A4	教員12	1	1定置科目		1年前半	数学演習A前半	
70	数学演習A5	教員12	1	1定置科目		1年前半	数学演習A前半	
71	数学演習A6	教員12	1	1定置科目		1年前半	数学演習A前半	

図4 入力1シート(上)と入力2シート(下)

学科・クラスで、すべての制約条件を満たす実行結果を得ることができた。また、教職課程コースやJABEEコースについても、グループを設定することで、すべての制約を満たす時間割編成ができた。時間割編成の結果の一例として、図3に春学期の時間割表を示している。

7 おわりに

2011年度情報理工学部の春学期と秋学期の科目・教員の実データを用いて、本研究で作成したシステムで時間割自動編成を行なった結果、実用的な計算時間で時間割を編成することができた。さらに、開講科目データ等をCPLEXで扱うデータ形式に変換する作業も自動化することにより、時間割編成作業を大幅に短縮できた。

今後は本システムの汎用化に向けて、時間割編成担当者にとって利用しやすいシステムへの改善が重要である。さらに、大学全体や他大学でも汎用的に利用できるように本システムを発展させていく必要もある。そのため、時間割編成担当者の経験に基づく条件を加えることを可能とする機能や、フィードバック機能を備えた操作性の高

いインタフェースを開発することが必要である。

また、より時間割編成担当者の意図を柔軟に反映させるために、教員や学生にとっての満足度を考慮できる目的関数などを入れて、拡張した時間割編成モデルを考える必要もある。

参考文献

- [1] M. Horio and A. Suzuki: Application to a University Course Timetabling Problem by a General Project Scheduler, *Lecture Notes in Operations Research*, Vol. 8, 2008, pp. 266-273.
- [2] 堀尾正典: 汎用プロジェクトスケジューラの大学時間割問題への適用, 名古屋学芸大学教養・学際編・研究紀要第4号, 2008, pp. 61-74.
- [3] 茨木俊秀, 熱田光紀, 野々部宏司: 汎用ソルバによる時間割作成—国際コンペティション ITC2007 に参加して—, スケジューリング・シンポジウム 2008 講演論文集, 2008, pp. 173-176.
- [4] 太田正和, 鈴木敦夫: 時間割自動編成システムの研究, 日本 OR 学会 2006 年秋季研究発表会アブストラクト集, 2006, pp. 58-59.
- [5] 太田正和: 時間割自動編成システムの研究, 南山大学大学院数理情報研究科修士論文, 2007.
- [6] 光部翔太, 伏見正則: 大学の時間割自動編成システムの研究—数理情報学部を対象として—, 南山大学数理情報学部卒業論文, 2008.
- [7] 光部翔太, 佐々木美裕, 鈴木敦夫, 伏見正則: 大学時間割の自動作成について, スケジューリング・シンポジウム 2010 講演論文集, 2010, pp. 123-128.