

# 南山大学の定期試験時間割作成問題

2008MI190 小野内雄一 2008MI257 内垣内智子

指導教員：佐々木美裕

## 1 はじめに

本研究では、南山大学瀬戸キャンパスにおける定期試験時間割をオペレーションズ・リサーチの手法を用いて、自動化することについて考える。

南山大学では、毎学期末に定期試験を実施しており、時間割作成は職員の手によって膨大な時間をかけて行っている。以前は試験期間が2週間あり、試験期間の面で時間割作成に余裕があった。しかし、年々試験期間は短くなっており、時間割作成に余裕がなくなっている。今年度春学期の試験期間は、予備日を含めて7日間であった。それに伴い、試験期間内における教員の都合を考慮せずに時間割を作成することになった。この点から手作業での時間割作成は、年々難しくなっていると感じ取ることができる。また、この数年間、土曜日に試験を行う科目が多くなっている。特に、情報理工学部におけるほとんどの学部必修科目の試験は、土曜日に実施している。学部必修科目は、進級に関わる重要な科目であり、1日にこの科目の試験が集中すると、学生の学習時間の確保が難しくなる。

参考文献 [1] のように、大学の時間割編成についての研究は過去にも行われている。しかし、定期試験の時間割作成についての研究は、他大学を含めあまり行われていない。

今回の研究では、時間割作成問題を数理モデルで定式化し、最適化計算ソフトを使って解くことにより、今までよりも短時間で、かつ、より理想的な時間割の作成を可能にすることを考える。

## 2 定期試験時間割作成について

### 2.1 時間割作成の手順

ここでは、事務職員が手作業で行っている時間割作成の手順について述べる。

はじめに、各科目の担当教員に試験を実施するかどうかを事前に調査する。

次に、作業段階1として、試験を実施する科目の中で受講者の多いものは、クラス分けの作業を行う。一度に、試験監督者が1人で監督できる人数は80名が限度であるため、80名以下になるようにクラス分けをする。

続いて、作業段階2として、各科目の試験日を決定する。現在、南山大学ではdbMAGICと呼ばれる学生教員情報取扱ソフトに科目情報を入力し、試験日を決定している。

最後に、作業段階3として、同じ時間に試験が重なっている学生がいないかを手作業でチェックし、試験が重なっていた場合には作業段階2に戻って試験日を決定し直す。全ての科目において試験日が決定し、教員の試験監督の予定が確定したとき、時間割作成が完了する。

### 2.2 時間割作成における現状

現状では、試験は通常授業と同じ曜日時限に実施することを原則としている。この原則に従うと、同じ授業を複数クラスに分けて異なる時間に開講している場合、試験時間割の決定が難しくなる。例えば、「線形代数学Ⅱ」という科目が火曜日1限と火曜日2限に開講されているとする。ここで、試験期間中の火曜日1限に「線形代数学Ⅱ」の試験日を行うと、火曜日2限に「線形代数学Ⅱ」を受講し、かつ、火曜日1限に他の科目を受講している学生は、1コマに2科目の試験を受験することになる。現状では、このような複数クラスで異なる曜日時限に開講している科目のうち、同一試験で試験を実施する科目は、元々開講されている科目の少ない平日5限もしくは土曜日に試験を実施することが多い。

また、試験期間が短いこともあり、今年度より教員の都合を全く加味せずに試験監督者の担当を決定している。しかし、期間中にどうしても都合の悪い時間がある教員も少なからずいる。現在のところ、都合の悪い時間に試験監督の担当を割り当てられた教員は、自ら代わりの教員を探さなければならない。万が一代わりが見つからない場合は、教員自身の予定変更もやむを得ないという状況にある。

### 2.3 試験監督について

試験監督には、主監督と応援監督の2種類がある。主監督とは、科目担当教員が試験監督を行うことである。応援監督とは、科目の担当教員でない教員が試験監督を行うことである。現在、一部の教員を除き、教員が試験監督を行う時間数をなるべく均等にするように時間割を決定している。この対象外となる一部の教員とは、副学長や学部長、学科長などの大学の役職のある教員である。役職のある教員は、基本的に各々の担当科目の試験監督のみを行う。加えて、非常勤講師も各々の担当科目の試験監督のみとなり対象外となる。

各教員が試験監督を行う科目の種類は、各々が所属している学部の科目及び共通教育科目、資格の科目の3種類である。したがって、総合政策学部の教員は、情報理工学部の科目の試験監督を行わない。同様に、情報理工学部の教員は、総合政策学部の科目の試験監督を行わない。

情報理工学部の科目において、複数の教室で試験を実施する科目については、通常に必要な教員数に1人足した人数とする。これは、担当教員が試験教室行き来し、質疑に対応できるようにするためである。質疑に対応する教員を、見回り教員と呼ぶ。

## 3 問題の説明

本研究では、2.1節で説明した作業段階1から作業段階3までの各科目の試験日、試験教室、試験監督者を効率良

く決定していくことを目標とする。大学によって試験制度が異なり、それに伴って条件や実態も異なるため、今回は南山大学瀬戸キャンパスにおける定期試験のみの時間割作成を対象に研究を行う。

この問題を取り掛かり始めた当初は、各科目の試験日、試験教室、試験監督者全てを1度に決定しようと試みた。しかし、変数の数、制約の数がともに非常に多く、実行できないことが判明したため、2段階に分けて問題を考える。

はじめに、第1段階において、科目の試験日と試験教室を決定する。どの学生も1コマに複数の試験を受験することのないようにするため、各学生の科目登録状況から、同時にどの科目とどの科目の試験を実施することができるのかを表すテーブルを作成する。このテーブルと科目担当教員の情報及び科目担当教員の都合を入力し、試験科目の時間割を作成する。また、同時に、試験教室の収容人数、各科目の試験に必要な教室数及び各科目の受験者数を入力し、各科目がいつ、どこの試験教室で試験を実施するかという試験教室の時間割を作成する。

続いて、第2段階において、試験監督者を割り当てる。第1段階にて求めた試験科目の時間割を基に、各教員の都合、科目担当教員の都合及び各科目に必要な試験監督者数を入力し、全教員の試験監督時間割を作成する。

## 4 定式化

### 4.1 記号の定義

本モデルを定式化するにあたって以下の記号を定義する。

添字

- $T$  : 試験を実施するコマ (時間) の添字集合
- $E$  : 科目の添字集合
- $E^1$  : 共通教育科目と資格の科目の添字集合 ( $E^1 \subset E$ )
- $E^2$  : 総合政策学部の科目の添字集合 ( $E^2 \subset E$ )
- $E^3$  : 情報理工学部及び数理情報学部の科目の添字集合 ( $E^3 \subset E$ )
- $U$  : 教員の添字集合
- $U^1$  : 役職のある教員の添字集合 ( $U^1 \subset U$ )
- $U^2$  : 非常勤講師の添字集合 ( $U^2 \subset U$ )
- $U^3$  : 総合政策学部の専任教員の添字集合 ( $U^3 \subset U$ )
- $U^4$  : 情報理工学部の専任教員の添字集合 ( $U^4 \subset U$ )
- $L$  : 試験教室の添字集合

#### 4.1.1 第1段階

第1段階では、科目担当教員の都合と各学生の科目登録状況を考慮し、試験科目の時間割と試験教室の時間割を作成する。

定数

$$p_{tu} = \begin{cases} 1 & \text{教員 } u \text{ はコマ } t \text{ の都合が良い} \\ 0 & \text{教員 } u \text{ はコマ } t \text{ の都合が悪い} \end{cases}$$

$$r_{eu} = \begin{cases} 1 & \text{教員 } u \text{ は科目 } e \text{ の講義を担当している} \\ 0 & \text{教員 } u \text{ は科目 } e \text{ の講義を担当していない} \end{cases}$$

$$b_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{科目 } i \text{ と科目 } j \text{ は同時に試験を実施できる} \\ 0 & \text{科目 } i \text{ と科目 } j \text{ は同時に試験を実施できない} \end{cases}$$

$m_e$  : 科目  $e$  の試験を受ける人数  
 $d_e$  : 科目  $e$  の試験で使用する教室数  
 $f_l$  : 教室  $l$  の収容人数

変数

$$w_{te} = \begin{cases} 1 & \text{コマ } t \text{ に科目 } e \text{ の試験を実施する} \\ 0 & \text{コマ } t \text{ に科目 } e \text{ の試験を実施しない} \end{cases}$$

$$x_{tel} = \begin{cases} 1 & \text{コマ } t \text{ に科目 } e \text{ の試験を教室 } l \text{ で実施する} \\ 0 & \text{コマ } t \text{ に科目 } e \text{ の試験を教室 } l \text{ で実施しない} \end{cases}$$

目的関数

この問題では制約条件を満たす解を求めることを目的としているため、目的関数は設定しない。

制約条件

本モデルを定式化するにあたって以下の制約条件式を定義する。

$$w_{te} + r_{eu} \leq p_{tu} + 1 \quad t \in T, e \in E, u \in U \quad (1)$$

$$w_{ti} + w_{tj} \leq b_{ij} + 1 \quad t \in T, (i, j) \in E \quad (2)$$

$$\sum_{t \in T} w_{te} = 1 \quad e \in E \quad (3)$$

$$\sum_{l \in L} f_l x_{tel} \geq m_e w_{te} \quad t \in T, e \in E \quad (4)$$

$$\sum_{e \in E} x_{tel} \leq 1 \quad t \in T, l \in L \quad (5)$$

$$\sum_{l \in L} x_{tel} = d_e w_{te} \quad t \in T, e \in E \quad (6)$$

$$w_{te} = \{0, 1\} \quad t \in T, e \in E \quad (7)$$

$$x_{tel} = \{0, 1\} \quad t \in T, e \in E, l \in L \quad (8)$$

制約条件の説明

各制約条件の意味は以下の通りである。

- 制約条件 (1) 科目担当教員の都合の良いコマに試験を実施する
- 制約条件 (2) 各学生が1コマに受験できる科目は1科目までである
- 制約条件 (3) 各科目は1回ずつ試験を実施する
- 制約条件 (4) 各科目の試験において受験者数は各試験教室の収容人数以下である
- 制約条件 (5) 1室で実施できる試験は1コマに1科目までである
- 制約条件 (6) 各科目の試験に必要な数の教室を割り当てる
- 制約条件 (7)  $w_{te}$  は、0-1 変数である
- 制約条件 (8)  $x_{tel}$  は、0-1 変数である

#### 4.1.2 第2段階

第2段階では、第1段階で求めた科目の時間割を基に、各教員が試験監督を均等な時間数行えるように時間割を作成する。

定数

$$p_{tu} = \begin{cases} 1 & \text{教員 } u \text{ はコマ } t \text{ の都合が良い} \\ 0 & \text{教員 } u \text{ はコマ } t \text{ の都合が悪い} \end{cases}$$

$$r_{eu} = \begin{cases} 1 & \text{教員 } u \text{ は科目 } e \text{ の講義を担当している} \\ 0 & \text{教員 } u \text{ は科目 } e \text{ の講義を担当していない} \end{cases}$$

$$w_{te} = \begin{cases} 1 & \text{コマ } t \text{ に科目 } e \text{ の試験を実施する} \\ 0 & \text{コマ } t \text{ に科目 } e \text{ の試験を実施しない} \end{cases}$$

$n_e$  : 科目  $e$  の試験に必要な試験監督数

2.3節にて取り上げた、役職のある教員及び、非常勤講師以外の教員全てが担当する試験監督数の平均  $avg$  を次のように定義する。

$$avg = \frac{\sum_{e \in E} n_e - \sum_{e \in E} \sum_{u \in U^1 \cup U^2} r_{eu}}{|U^3 \cup U^4 \setminus U^1|}$$

変数

$$y_{teu} = \begin{cases} 1 & \text{教員 } u \text{ はコマ } t \text{ に科目 } e \text{ の試験監督を行う} \\ 0 & \text{教員 } u \text{ はコマ } t \text{ に科目 } e \text{ の試験監督を行わない} \end{cases}$$

目的関数

この問題では制約条件を満たす解を求めることを目的としているため、目的関数は設定しない。

制約条件

本モデルを定式化するにあたって以下の制約条件式を定義する。

$$\sum_{e \in E} y_{teu} \leq 1 \quad t \in T, u \in U \quad (9)$$

$$\sum_{e \in E} y_{teu} \leq p_{tu} \quad t \in T, u \in U \quad (10)$$

$$\sum_{t \in T} w_{te} y_{teu} \geq r_{eu} \quad e \in E, u \in U \quad (11)$$

$$[avg] \leq \sum_{t \in T} \sum_{e \in E} y_{teu} \leq [avg] \quad u \in U^3 \cup U^4 \quad (12)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{e \in E} w_{te} y_{teu} = n_e \quad u \in U \quad (13)$$

$$\sum_{t \in T} y_{teu} = 0 \quad u \in U^3, e \in E^3 \quad (14)$$

$$\sum_{t \in T} y_{teu} = 0 \quad u \in U^4, e \in E^2 \quad (15)$$

$$\sum_{u \in U} y_{teu} = n_e w_{te} \quad t \in T, e \in E \quad (16)$$

$$y_{teu} = \{0, 1\} \quad t \in T, e \in E, u \in U \quad (17)$$

制約条件の説明

各制約条件の意味は以下の通りである。

制約条件 (9) 各教員が1コマに試験監督を行える科目は1科目までである

制約条件 (10) 各教員の都合の良いコマに試験監督を行う

制約条件 (11) 科目担当教員が試験監督を行う

制約条件 (12) 役職のある教員及び、非常勤講師以外の各教員が試験監督を行う時間数を公平にする

制約条件 (13) 各科目に必要な数の教員を監督に割り当てる

制約条件 (14) 総合政策学部の教員は、情報理工学部及び数理情報学部の科目の試験監督を行わない

制約条件 (15) 情報理工学部の教員は、総合政策学部の科目の試験監督を行わない

制約条件 (16) 各科目の試験に必要な数の教員を割り当てる

制約条件 (17)  $y_{teu}$  は、0-1変数である

## 5 実行と考察

2011年度春学期定期試験のデータより、テーブルを作り、最適化ソフトウェア IBM ILOG CPLEX を用いて定期試験時間割作成を行った。

本研究では、第1段階まで実行する。コマ数30、科目数178、教員数151、教室数46で実行した。試験教室は、実際には48教室あるが、試験期間中に自習室となる2教室を除いて実行した。第1段階においての変数の数は、 $w_{te}$  が5340、 $x_{tel}$  が256320、制約式の数、2292478であった。使用したコンピュータのCPUはIntel Core 2 2.00GHz、メモリは2.50GBである。その結果、実行時間は約12分であった。

図1, 2, 3に、試験科目の時間割表の一部を示す。

ここで、データ作成上の問題について述べる。2011年度秋学期のデータを用いて問題を解いた際、当初、実行不可能となった。調査の結果、1つの科目を2人の非常勤講師が異なる曜日に担当する可能性があることが確認できた。非常勤講師の都合のよいコマは、通常授業の開講曜日時限のみとしてデータを作成したため、このような場合、制約条件(1)を満たす解は存在しない。そこで、通常授業が開講されている曜日時限のいずれかに試験を実施するようにデータを修正して対応した。

次に、最適化計算によって得られた時間割と実際の時間割を比較する。2011年度春学期定期試験は、7月25日(月)から7月30日(土)までの6日間実施された。そこで、計算結果で得た各科目試験時間割と、実際にその科目の

コマ	1	2	3
1日目	宗教論[SE]3 英語コミュニケーション[PP]7中級レベル 英語リテラシー[AI][PP]9中級レベル 英語ID[SE]6中級レベル TOEIC対策英語C1 日本語[文法]1 総合政策外国文献読解I[英語]5 政治行動論 経済学 情報技術倫理[SE]1	英語リテラシー[AI][PP]4中級レベル 英語リテラシー[AI][PP]10中級レベル 英語リテラシー[AI][PP]11中級レベル 英語リテラシー[AI][PP]12中級レベル 日本語[運用]1 環境経済学 情報技術倫理[SE]	モツンの系譜(税金と社会) 哲学2 地球科学 民法
2日目	TOEIC対策英語B モツンの系譜(近代科学史) 文明論概論 非営利組織論	EnglishSkillsWorkshopC フランス語 経済学 制御理論[SE] テーマーズ研究 茶飲論[SE]2 韓国朝鮮語 異文化との出会い(企業と諸外国の異文化) 知識・言語と情報社会(知識と意識) 生徒指導論 総合政策連続講義A 情報社会と倫理[SE]	英語リテラシー[AI][PP]13中級レベル 総合政策論I(公共政策論) 経済学 情報技術倫理[SE]
3日目	法と人間の尊厳B 韓国朝鮮語 学校カリキュラム論1	茶飲論[SE]2 韓国朝鮮語 異文化との出会い(企業と諸外国の異文化) 知識・言語と情報社会(知識と意識) 生徒指導論 総合政策連続講義A 情報社会と倫理[SE]	心理学1 公金計論 707プログラミング応用2
4日目	教育・文化における人間の尊厳B1 英語コミュニケーション[PP]9中級レベル 英語コミュニケーション[PP]10中級レベル 英語コミュニケーション[PP]12中級レベル 英語コミュニケーション[PP]14中級レベル 日本語III表現技術B1 監査論	中国語I ドイツ語 生命と環境(地球環境のゆくえ) モツンの系譜(都市論) 国際組織論	英語IA[SE]4中級レベル 英語IA[SE]5上級レベル 英語IA[SE]8中級レベル 英語IB[SE]3中級レベル 日本語III表現技術B1 環境代 国際開発論 テーマーズ[SE] 総合政策の課題と方法 コミュニケーション理論

図 1 実行結果 (科目の時間割)

1日目	1	2	3
SC104			
SC103			
SB204	宗教論[SE]3	情報技術倫理[SE]	民法
SB205		環境経済学	地球科学
SB301	政治行動論		モツンの系譜(税金と社会)
SB302	政治行動論		モツンの系譜(税金と社会)
SB305	経済学	英語リテラシー[AI][PP]11中級レベル	
SB202	TOEIC対策英語C1		
SB203	TOEIC対策英語B		
SB303			
SB304	日本語I(文法)1	情報技術倫理[SE]	哲学2
SG101			
SG102			
SG201			
SG202			
SG203			民法
SG204			
SB201			
SB401			
SB402			
SC203		日本語I(運用)1	
SA204	英語IB[SE]6中級レベル		
SA205			モツンの系譜(税金と社会)
SA305			

図 2 実行結果 (試験教室の時間割 1 日目)

講義が開講されていた時間割が、どの程度一致しているかを調べた。その結果、178 科目中 53 科目が実際の講義の時間割と計算結果が一致しており、その割合は、29.8%であった。一致していた科目のほとんどは、非常勤講師が担当する科目であった。これは、非常勤講師の都合のみを加味して定数  $p_{tu}$  を作成し、全てのコマにおいて、南山大学の専任教員の都合を全く加味しなかったからとであると考えられる。

続いて、実際に実施された 2011 年度春学期定期試験の時間割と計算結果を比較する。実際に実施された試験時間割は、基本的に講義が開講されている時間割に沿った時間割であった。また、受講生の多い必修科目等が、平日 5 限及び土曜 3 限に試験を実施していた。それに対して、本研究の計算結果は、全てのコマにおいて 3~12 科目の試験を実施する時間割であった。また、平日 5 限及び土曜日においては、必修科目以外の科目の試験も実施する時間割であった。以上の比較より、今まで講義の時間割を基に試験時間割が作られていたが、それ以外の時間割を作成できるのではないかと考える。

最後に、教室の稼働率について考察する。計算結果から各試験教室が試験期間中にどれくらい使われているのか、稼働率を調べた。その結果、収容人数の大きい教室の稼働率が高いことが分かり、一番高い稼働率の高い教室で、83.3%であった。しかし、収容人数が同じである教室の稼働率を比較すると、稼働率が高い教室もあれば、低い教室もあることがわかった。以上より、教室のリス

2日目	1	2	3
SC104			
SC103			
SB204	非営利組織論	制御理論[SE]	
SB205	非営利組織論		
SB301	文明論概論		
SB302		経済学	
SB305	モツンの系譜(近代科学史)		総合政策論II(公共政策論)
SB202			総合政策論II(公共政策論)
SB203			
SB303	TOEIC対策英語B		
SB304		フランス語I	
SG101			
SG102			英語IA[SE]1上級レベル
SG201	非営利組織論		
SG202			
SG203			
SG204		経済学	
SB201			
SB401	モツンの系譜(税金と社会)		
SB402			
SC203			経済学
SA204			経済学
SA205			
SA305	非営利組織論		経済学

図 3 実行結果 (試験教室の時間割 2 日目)

トの作り方により、教室の稼働率に差が生まれたのではないかと考える。

また、2 教室以上で試験を実施する科目について、試験教室がどの程度離れているかを調べた。多くの科目は、階や棟の異なる教室に割り当てられていることがわかった。教室間の距離をできるだけ最小にする目的関数を設置することを検討する必要があると考える。

## 6 おわりに

今回は、第 1 段階を実行したが、試験監督の割り当て第 2 段階の実行に至っていない。今後、第 2 段階を実行し、教員の時間割を決定する。

第 1 段階においては、南山大学の専任教員の都合を考慮した定数  $p_{tu}$  を作成し、専任教員の都合をどの程度まで考慮したときに最適解を得ることができるかを分析したい。また、2 教室以上で試験を実施する科目について、試験教室どうしがなるべく近距離になるように、試験教室間の距離を最小化にする目的関数を導入し、目的関数の有無によりどれほど変化するかを確認しようと考えている。

データ作成については、今回、VBA を用いてデータを読み込み定数を作成したが、5 節でも取り上げたとおり、定数  $p_{tu}$  の作成時の問題点など、一部手作業でデータを作成、修正した。また、実行結果をまとめ、時間割表の作成も今回全て手作業で行った。そのため、現在の時点では、全て自動で時間割を作成するには程遠い状態である。今後、誰でも使え、自動で時間割を作成できるようにしていくことを目標としていきたい。

## 参考文献

- [1] 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。