大学におけるクォーター制に対応した教室割り当て問題
—南山大学を例として—

2015SS009 古澤 美鈴

指導教員：佐々木 美裕

1 はじめに

南山大学では, 時間割編成作業が完了後に各授業の教室割り当てを行うが, ほとんどの作業は教務課の職員が手作業で行っている. 2017 年度にクォーター制が導入されたことにより, 割り当てが複雑となったことに加え, 現在, 南山大学では教室棟の改装工事を進めており, 授業に使用できる教室数は限られているため教室割り当て作業の負担はさらに大きくなっている.

伊藤 [1] は汎用的な大学の時間割編成モデルを提案し, 南山大学の授業データを用いて計算実験を行った. 他にも大学の時間割編成モデルに関する研究はあるが, 教室割り当てに関する研究は少ない. 本研究では, 授業時間割を所与とし, クォーター制における教室の割り当てを求める問題を考える.

2 クォーター制について

クォーター制とは 1 年を 4 つの学期に分けて授業を行う学期制のことである. 以下では, 4 つの学期を Q1, Q2, Q3, Q4 と表す. クォーター制は 15 回の授業を 2 カ月間で行うため, 1 週間に 2 コマ開講する授業が存在する. 1 週間に 2 コマ開講する科目は原則として月曜日と木曜日, または, 火曜日と金曜日の同じ時限に開講する. これに加え, 水曜日の 1 限と 2 限に開講する科目と 1 週間に 1 コマのみの授業が存在する. 以下では, 週に 2 コマ開講する授業は月木 1(月曜日と木曜日の 1 限に開講), 火金 2(火曜日と金曜日の 2 限に開講) などと表し, 週に 1 コマ開講する授業は, 月 1(月曜日 1 限に開講), 火 2(火曜日 2 限に開講) などと表すことにする.

3 必要な設備について

授業で必要な設備がある場合はその設備がある教室に割り当てることが必要である. 各教員は, 自身が担当する授業で必要な設備に優先順位をつけて教務課へ提出し, その情報を元に教室割り当てを行う. それぞれの設備の優先順位に満足度を設定し, 満足度の最大化を目的とすることで, 希望する設備のある教室に割り当てることを実現する.

4 教室の割り当てについて

1 週間に 2 コマ開講する科目は, 2 コマとも同じ教室で行うことが望ましい. 本研究では教室不足による実行不可を避けるためにダミー教室を用意する. 同じ時限では 1 つの教室に対して 1 つの授業しか割り当てることができないので, 例えば, ある教室に月木 1 を割り当てた場合, この教室に月 1, 木 1, 月 12, 木 12 を割り当てることはできない. つぎに, この教室に月木 1 を割り当てない場合を考える. 月 1 と木 1, 月 1 と木 12, 木 1 と月 12, 月 12 と木 12 は開講曜日時限が重ならないため, これらをこの教室に割り当てることができる. また, ある教室に月 1 を割り当てた場合はこの教室に月 12, 月木 1 は割り当てることができない. この教室に月 1 を割り当てない場合, 月 12, 月木 1 のいずれかを割り当てることができる. このように制約を設けることで, 週に 2 コマ開講する授業に対して 2 コマとも同じ教室を割り当てることができ, 同じ時限では 1 つの教室に対して 1 つの授業を割り当てることが可能となる.

月曜日と木曜日の 1, 2 限に開講する授業を例として説明したが, 月曜日と木曜日の 3, 4 限の授業, 火曜日と金曜日の 1, 2 限の授業, 火曜日と金曜日の 3, 4 限の授業, 水曜日の 1, 2 限の授業に関する制約も同様に表すことができる. これら 5 つの問題は互いに独立であり, それぞれの問題を解くことによって, 1 つのクォーターで開講されるすべての授業の教室割り当てを求めることができる. 次節以降では, 月曜日と木曜日の 1, 2 限の授業を例として説明する.

5 定式化

問題を定式化するにあたり, 以下の記号を定義する.

I：授業の集合
J：教室の集合
K：設備の集合
J_D：ダミー教室の集合, $J_D \subseteq J$
P：授業をダミー教室に割り当てたときのペナルティ
m_j：教室 $j \in J$ の定員
s_i：授業 $i \in I$ を受ける学生の人数
L：教室定員に対する受講者数の割合の下限
U：教室定員に対する受講者数の割合の上限
a_{ik}：授業 $i \in I$ の設備 $k \in K$ に対する満足度
I_{M1}：月 1 の授業の集合, $I_{M1} \subseteq I$
I_{H1}：木 1 の授業の集合, $I_{H1} \subseteq I$
I_{M2}：月 2 の授業の集合, $I_{M2} \subseteq I$
I_{H2}：木 2 の授業の集合, $I_{H2} \subseteq I$
I_{M12}：月 12 の授業の集合, $I_{M12} \subseteq I$
I_{H12}：木 12 の授業の集合, $I_{H12} \subseteq I$
I_{MH1}：月木 1 の授業の集合, $I_{MH1} \subseteq I$
I_{MH2}：月木 2 の授業の集合, $I_{MH2} \subseteq I$
I_1：$I_{M1} \cup I_{H1} \cup I_{M12} \cup I_{H12}$
I_2：$I_{M2} \cup I_{H2} \cup I_{M12} \cup I_{H12}$
I_3：$I_{M1} \cup I_{M2} \cup I_{MH1} \cup I_{MH2}$
I_4：$I_{H1} \cup I_{H2} \cup I_{MH1} \cup I_{MH2}$
I_5：$I_{M12} \cup I_{MH1}$, I_6：$I_{H12} \cup I_{MH1}$

$I_7 : I_{M12} \cup I_{MH2}$, $I_8 : I_{H12} \cup I_{MH2}$

$$b_{jk} = \begin{cases} 1 : \text{教室 } j \in J \text{ に設備 } k \in K \text{ がある} \\ 0 : \text{上記以外} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 : \text{授業 } i \in I \text{ を教室 } j \in J \text{ に割り当てる} \\ 0 : \text{上記以外} \end{cases}$$

これらを用いて定式化を行うと以下の通りになる．

$$\text{max.} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} a_{ik} b_{jk} x_{ij} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J_D} P x_{ij} \tag{1}$$

$$\text{s.t.} \sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad (i \in I) \tag{2}$$

$$s_i x_{ij} \le U m_j \quad (i \in I, j \in J) \tag{3}$$

$$L m_j x_{ij} \le s_i \quad (i \in I, j \in J) \tag{4}$$

$$\sum_{i \in I_1} x_{ij} \le 2(1 - \sum_{i \in I_{MH1}} x_{ij}) \quad (j \in J) \tag{5}$$

$$\sum_{i \in I_{MH1}} x_{ij} \le 1 \quad (j \in J) \tag{6}$$

$$\sum_{i \in I_2} x_{ij} \le 2(1 - \sum_{i \in I_{MH2}} x_{ij}) \quad (j \in J) \tag{7}$$

$$\sum_{i \in I_{MH2}} x_{ij} \le 1 \quad (j \in J) \tag{8}$$

$$\sum_{i \in I_3} x_{ij} \le 2(1 - \sum_{i \in I_{M12}} x_{ij}) \quad (j \in J) \tag{9}$$

$$\sum_{i \in I_{M12}} x_{ij} \le 1 \quad (j \in J) \tag{10}$$

$$\sum_{i \in I_4} x_{ij} \le 2(1 - \sum_{i \in I_{H12}} x_{ij}) \quad (j \in J) \tag{11}$$

$$\sum_{i \in I_{H12}} x_{ij} \le 1 \quad (j \in J) \tag{12}$$

$$\sum_{i \in I_5} x_{ij} \le 1 - \sum_{i \in I_{M1}} x_{ij} \quad (j \in J) \tag{13}$$

$$\sum_{i \in I_{M1}} x_{ij} \le 1 \quad (j \in J) \tag{14}$$

$$\sum_{i \in I_6} x_{ij} \le 1 - \sum_{i \in I_{H1}} x_{ij} \quad (j \in J) \tag{15}$$

$$\sum_{i \in I_{H1}} x_{ij} \le 1 \quad (j \in J) \tag{16}$$

$$\sum_{i \in I_7} x_{ij} \le 1 - \sum_{i \in I_{M2}} x_{ij} \quad (j \in J) \tag{17}$$

$$\sum_{i \in I_{M2}} x_{ij} \le 1 \quad (j \in J) \tag{18}$$

$$\sum_{i \in I_8} x_{ij} \le 1 - \sum_{i \in I_{H2}} x_{ij} \quad (j \in J) \tag{19}$$

$$\sum_{i \in I_{H2}} x_{ij} \le 1 \quad (j \in J) \tag{20}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i \in I, j \in J) \tag{21}$$

(1) の第 1 項は授業を教室に割り当てたときの必要な設備の満足度の総和であり, 第 2 項は授業をダミー教室に割り当てたときのペナルティの総和である．これらの差の最大化を目的とする．式 (2) は各授業をいずれかの教室に割り当てることを示す制約である．式 (3)(4) は授業を受ける学生の人数が教室の定員の L 倍以上 U 倍以下（$0 \le L \le U \le 1$）であることを示す制約である．(5) はある教室に月木 1 が割り当てられたとき, 月 1, 木 1, 月 12, 木 12 は割り当てず, 割り当てないときはこのうち最大 2 つまで割り当てられることを示す制約である．式 (6) は各教室に割り当てられる月木 1 の授業は 1 つ以下であることを示す制約である．式 (7) から式 (12) の制約条件は, 月木 1 に対する制約 (5)(6) と同様の制約を月木 2, 月 12, 木 12 の授業について記述したものである．式 (13) はある教室に月 1 が割り当てられたとき, 月 12, 月木 1 は割り当てず, 割り当てないときはこのうち最大 1 つまで割り当てられることを示す制約である．式 (14) はある教室に割り当てられる月 1 の授業は 1 つ以下であることを示す制約である．式 (15) から式 (20) の制約条件は, 月 1 に対する制約 (13)(14) と同様の制約を月 2, 木 1, 木 2 の授業について記述したものである. 式 (21) は x_{ij} のバイナリ変数制約である．

6　計算結果

Gurobi Optimizer7.0.2 を用いて計算実験を行った．計算環境は (プロセッサ:Intel(R) Core(TM) i7-6700 CPU @ 3.40GHz 3.40GHz 実装メモリ: 16GB) である．Q1 で開講するすべての授業について解を求めたが, ここでは 2018 年度南山大学の月曜日と木曜日の午前中に開講する授業 (月木 1, 月木 2, 月 12, 木 12, 月 1, 月 2, 木 1, 木 2) に関する実データを使用して計算した結果について説明する. 授業数は 307, 教室数は 291, $L = 0.1$, $U = 0.95$ と設定した．また授業に必要な設備の満足度は第 1 希望は 15, 第 2 希望は 5, 第 3 希望は 3 とし, ダミー教室に割り当てられたときのペナルティを 10000 とした．

月木午前の授業に関して 0.95 秒で教室割り当てを求めることができた. 他の 4 つの問題 (月木午後, 火金午前, 水午前) も 1.5 秒以内で解を求めることができた．また, 307 の授業のうち設備の希望が 1 つ以上ある授業は 209 であり, そのうちすべての希望を満たした授業は 195 あった．

7　まとめ

教務課職員の話によると, 手作業での Q1 と Q2 の教室割り当ては実働 35 時間程度であり, 教室割り当て問題を解くことによって大幅に作業時間を削減できる可能性があることがわかった．今後の課題として, 週 2 コマ開講する授業は同じ教室で行うことが原則であるが, 教室が不足する場合のみ異なる教室に割り当てることを可能とするモデルを検討することが挙げられる．このような制約を考慮することで, 実在している教室に割り当てることが可能となり, より現実的な教室割り当て問題を解くことができる．

参考文献

[1] 伊藤美登: 大学時間割編成モデルの研究, 南山大学大学院数理情報研究科 2010 年度修士論文, 2011.