

キャンパス内の学生の流動を考慮した授業の最適配置問題

2015SS039 森悠美子

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

現在、南山大学には約1万人の学生が在籍し、キャンパス内にある16棟の教室棟で授業を受けている。基本的に授業開始時刻と終了時刻は全授業同じであり、授業が終わると次の授業に出席するために学生が一斉に移動を開始する。そのため、キャンパス内の道路が非常に混雑し、特に離れた棟に移動する際は教室に到着するのが授業が開始する直前になってしまう事や、授業開始に間に合わない事がある。その場合、休憩時間が確保できないだけでなく、混雑したキャンパス内を走って移動する場合は危険を伴う。また、落ち着いて授業を受けることができないなどの弊害もある。本研究では、休み時間における教室棟間の移動距離および移動時間が長い学生を減らす事を目的に、授業を各棟に割り当てる問題を考える。池田 [1] は、さまざまな割当問題に対して popular matching を適用しており、その一例として教室割り当て問題を扱っているが授業教室の割り当てではない。具体的な制約を考慮した教室割り当て問題の研究は少なく、さらにキャンパス内の流動量を考えたものはない。

2 授業配置による流動量の違い

2つの授業配置例を用いてキャンパス内の道路の流動の違いを考える。ここでは、A, B, C, Dの4つの棟があり、1限にはa, b, cの3つの授業、2限にはd, e, fの3つの授業が開講されているとする。図1は棟の配置を示す。矢印は棟を移動するための道路を示し、AB間を500m, AC間を200m, BC間を400m, BD間を300mとする。表1は、各授業の移動人数を示す。図(a)は授業の配置例1を示し、図(b)は授業の配置例2を示す。図(a)のように授業を配置した場合、総移動距離は66,000mとなる。図(b)のように授業の配置とした場合、総移動距離は39,000mとなる。配置例1と配置例2を比較すると、配置2の方が学生の総移動距離が短い授業配置であると言える。

表1: 各授業の1限から2限への移動人数

1限 \ 2限	授業 d	授業 e	授業 f
授業 a	15	15	30
授業 b	35	10	10
授業 c	10	15	15

3 問題の説明

本研究では、休み時間における全学生の教室棟間の移動距離合計を最小にするための問題を考える。1限の各授業

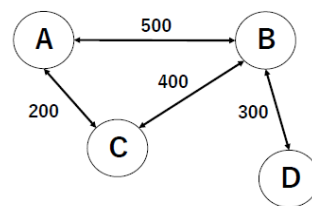
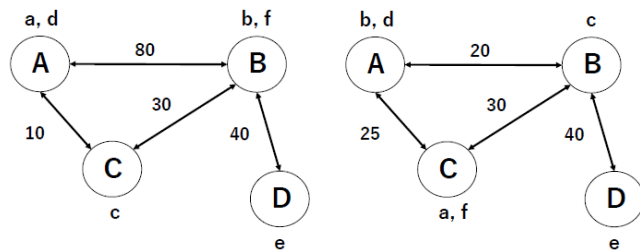


図1: 棟の配置



(a) 例1

(b) 例2

図2: 配置例

が行われている棟場所、棟間の距離、各授業の受講者は所与として、2限の各授業をいずれかの棟に割り当てる場合について考える。授業を各棟に割り当てることを本論文では授業配置と呼ぶことにする。1限と2限を続けて受講する学生の移動のみを考える。1限の授業配置は現状のものを使用するため理想的な配置であるとは言えない。そのため最適解を求めた2限の授業配置を所与とし、1限の授業配置の最適化を行う。配置が変わらなくなるまで1限2限を繰り返すことで、1限2限の授業配置を求める。本研究では各授業を棟に割り当て、具体的な教室には割り当てない。ただし、棟に配置するだけでは実際には教室の定員をオーバーする解となる可能性がある。各棟に存在する教室を定員別のタイプに分類した上で、実際に割り当て可能になる最適化を行う。キャンパス内の道路の流動のみを考えるため、棟内の流動は考えないものとする。

4 定式化

ここでは、1限の授業配置を所与として2限の授業配置を求める場合を例として定式化を行う。3限以降も同様に定式化する事ができる。問題を定式化するために、以下の記号を定義する。

L_1 : 1限に開講される授業の集合

L_2 : 2限に開講される授業の集合

B : 棟の集合

T : 教室定員のタイプの集合

m_j : 棟 $j \in B$ の定員 (棟 $j \in B$ の各教室の定員の合計)

s_{l_2} : 授業 $l_2 \in L_2$ を受ける学生の人数

c_j : 棟 $j \in B$ の教室数

d_{ij} : 棟 $i \in B$ から棟 $j \in B$ の距離

$f_{l_1 l_2}$: 1 限に $l_1 \in L_1$ を受講し, 2 限に $l_2 \in L_2$ を受講する学生の人数

n_{jt} : 棟 $j \in B$ のタイプ別 $t \in T$ の教室数

$$g_{l_1 i} = \begin{cases} 1: l_1 \in L_1 \text{ が棟 } i \in B \text{ で開講される} \\ 0: l_1 \in L_1 \text{ が棟 } i \in B \text{ で開講されない} \end{cases}$$

$$p_{l_2 t} = \begin{cases} 1: \text{授業 } l_2 \in L_2 \text{ のタイプが } t \in T \text{ である} \\ 0: \text{授業 } l_2 \in L_2 \text{ のタイプが } t \in T \text{ でない} \end{cases}$$

以下に変数の定義を表す.

$$x_{l_2 j} = \begin{cases} 1: \text{棟 } j \in B \text{ に授業 } l_2 \in L_2 \text{ を配置する} \\ 0: \text{棟 } j \in B \text{ に授業 } l_2 \in L_2 \text{ に配置しない} \end{cases}$$

授業最適配置問題は以下のように定式化できる.

$$\min. \sum_{l_1 \in L_1} \sum_{l_2 \in L_2} \sum_{i \in B} \sum_{j \in B} d_{ij} f_{l_1 l_2} g_{l_1 i} x_{l_2 j} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \sum_{j \in B} x_{l_2 j} = 1, \quad l_2 \in L_2 \quad (2)$$

$$\sum_{l_2 \in L_2} s_{l_2} x_{l_2 j} \leq m_j, \quad j \in B \quad (3)$$

$$\sum_{l_2 \in L_2} x_{l_2 j} \leq c_j, \quad j \in B \quad (4)$$

$$\sum_{l_2 \in L_2} p_{l_2 t} x_{l_2 j} \leq n_{jt}, \quad j \in B, t \in T \quad (5)$$

$$x_{l_2 j} \in \{0, 1\}, \quad l_2 \in L_2, i \in B \quad (6)$$

(1) は全学生の休み時間における教室棟間の移動距離合計最小化が目的であることを示す. (2) は授業 $l_2 \in L_2$ はいずれかの棟 $j \in B$ に配置する制約である. (3) は棟 $j \in B$ に配置される授業 $i \in B$ を受ける学生の人数の合計が棟 $j \in B$ の定員を超えないようにする制約である. (4) は棟 $j \in B$ に配置される授業の個数は棟 $j \in B$ の教室数以下にする制約である. (5) は棟 $j \in B$ に割り当てるタイプ $t \in T$ の授業の総数は, 棟 $j \in B$ のタイプ $t \in T$ の教室数以下にする制約である. (6) は $x_{l_2 j}$ のバイナリ変数制約である.

5 実行結果と考察

使用した最適化ソフトウェアは Gurobi7.0.2 であり, 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. 使用したデータは, 2017 年度第 1 クォータの授業データおよび学生の履修データである. データを整理し, クォータ 1 の月曜 1 限の授業から月曜 2 限の授業への移動について実験を行った. 棟間の距離はデータがないため実測し, 距離を歩幅 0.6m × 歩数で計算してデータを作成した. 実験の際に使用したデータは月曜日 1 限の授業数 124, 月曜日 2 限

の授業数 146, 棟 16, である. また, 月曜日 1 限かつ月曜日 2 限を受講している学生は 4995 人である. 表 2 は現状と最適化後の棟間移動人数の比較を示す. ここでは棟移動パターン 120 通りのうち, 教室数が多く比較的距離の遠い S, B 棟と R 棟, S, B 棟と Q 棟, Q 棟と R 棟の 5 通りのみ結果を示す. その結果, 現状と比較し移動人数が 274 人 (791 人から 517 人) 減少した. また総移動距離が 35,647.2m (683,827.8m から 648,180.6m) となり, 5.2% 減少した.

表 2: 棟間移動人数の比較

	現状	最適化後	差
S 棟 ⇔ R 棟	69	37	- 32
S 棟 ⇔ Q 棟	200	47	- 153
R 棟 ⇔ Q 棟	108	34	- 74
B 棟 ⇔ R 棟	119	111	- 8
B 棟 ⇔ Q 棟	295	288	- 7
合計	791	518	- 274

次に, 求めた 2 限の授業配置を固定し 1 限の授業最適配置を求め, 1 限 2 限の授業配置最適化を反復した結果, 8 回目の反復で解が収束した. 表 3 は現状と最終最適化後の棟間移動人数の比較を示す. 最終結果は, 現状と比較し移動人数が 789 人 (791 人から 2 人) 減少した. また総移動距離合計が 587,066.39m (683,827.8m から 96,761.41m) となり, 87.3% 減少した.

表 3: 棟間移動人数の比較 (反復回数=8)

	現状	最適化後	差
S 棟 ⇔ R 棟	69	0	- 69
S 棟 ⇔ Q 棟	200	2	- 188
R 棟 ⇔ Q 棟	108	0	- 108
B 棟 ⇔ R 棟	119	0	- 119
B 棟 ⇔ Q 棟	295	0	- 295
合計	791	2	- 789

6 おわりに

本研究では学生の負担を減らすため, 休み時間における全学生の総移動距離合計を最小とすることを目的とし, 授業配置の最適化を行った. 棟間の移動人数を比較した結果, 1 限かつ 2 限を受講する学生 4995 人のうち, 同じ棟にとどまる学生が現状では 1,111 人, 最適化後では 3,391 人となり, キャンパス内の道路を移動する学生が減少した.

参考文献

- [1] 池田雄太郎: Popular Matching とその応用, 筑波大学社会工学類経済工学主専攻平成 24 年度卒業論文, 2013.