

学生研究室割り当てシステムの開発

2009SE266 鈴木まみ 2009SE318 安西将貴

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

1.1 背景

毎年4月に南山大学情報理工学部所属の新3年生と数理情報研究科所属の修士新1年生は学部教員の研究室に配属となる。このとき学部教員は、手作業で新3年生と修士新1年生が使用する学生研究室を決め、各学生研究室に割り当てられた学部生の学生数、院生の学生数に応じて学部生用の机、院生用の機の再配置を行っている。しかし、近年2点の問題が発生している。それは、割り当てられる学生の人数と定員との差が学生研究室ごとで大きくばらついていることと、学部生用の机が余っているにもあるにもかかわらず、学部生に院生用の机が割り当てられることである。

林、水野 [1] は、各研究室の学生の学生研究室への割り当てを決めるモデル、学生研究室ごとに割り当てられた学生の人数に応じて機の配置を決めるモデルを作成し、それぞれの作業の自動化を行った。

1.2 概要

本研究は2点の問題を解決するため林、水野のモデル [1] に改良を行う。この改良に加え、ユーザインタフェースを作成する。本研究では学生研究室のことを部屋、各研究室の学生を学生研究室に割り当てる作業を自動化するモデルを部屋割りモデル、学生研究室ごとに割り当てられた学生の人数に応じて機の配置を行う作業を自動化するモデルを機の配置モデルと定義する。部屋割りモデルと機の配置モデルを行うシステムを学生研究室割り当てシステムとする。

2 部屋割りモデルの定式化

2.1 部屋割りモデルの留意点

各研究室の学生を部屋に割り当てるとき、3点のことを考慮しなければならない。1点目は、各部屋の定員である。2点目は、複数の研究室で1つの部屋を共有するときの研究室の組み合わせである。これを考慮する理由は、なるべく同じ領域に属する研究室同士を割り当てることが好ましいとされているからである。3点目は1つの研究室の学生が複数の部屋に割り当てられた時の部屋間の距離である。これを考慮する理由は、1つの研究室の学生をなるべく近くの部屋に割り当てることが好ましいからである。本研究は、これら3点のことを考慮したうえで、各部屋の定員と割り当てられる学生の人数の差を小さくするモデルを提案する。

2.2 林、水野のモデルの改良点

部屋割りモデルでは、林、水野のモデルに4点の改良を行う。1点目は、学部生、院生共に学科ごとに部屋割りを決めていたのを学部全体、大学院全体で部屋割りを行うこ

とである。こうすることで、各研究室の学生が使用できる部屋の数が増え、各部屋の定員と割り当てられる学生の人数の差は小さくなると考えられる。2点目は、各部屋の容量制約がソフト制約であったのをハード制約にすることである。こうすることで、割り当てられる学生の数が定員よりも大幅に上回ることはなくなると考えられる。3点目は、各研究室の各学年の学生を全員同じ部屋に割り当てていたのを複数の部屋に割り当てることを可能にすることである。こうすることで、部屋に割り当てられる学生の人数と定員との差が均等化されると考えられる。4点目は、各研究室の学生を全員の部屋に割り当てていたのを3年生と修士1年生のみを部屋に割り当てることである。すなわち、4年生と修士2年生は、それぞれ3年生時、修士1年生時に使用していた部屋から移動しない。その理由は、4年生と修士2年生を移動させた場合、研究室の備品の移動も含まれ、大掛かりな作業となるからである。また本研究では、新たにダミー部屋を定義する。ダミー部屋とはすべての部屋との距離が0の部屋とし、新たに新設された研究室すなわち4年生がいない研究室の4年生が割り当てられていると仮定する。ダミー部屋を設けることにより、既存の研究室と新4年生がいない新設の研究室を同じ枠組みで扱うことが可能となり、制約条件も簡潔に記述することができる。

2.3 モデルの説明

本モデルを実現するために、各研究室の新3年生を複数のグループに分ける。グループ分けの条件は3人以上のグループであることと各研究室を4つ以上に分けなことの2つである。この条件の下で各研究室でグループ分けを行い、部屋割りを行う。例えば学生数が9人の研究室の場合、3人グループが3つの組み合わせ、3人グループと6人グループが1つずつの組み合わせ、4人グループと5人グループが1つずつの組み合わせ、9人グループが1つの組み合わせの計4つが考えられる。図1は研究室1の学生を3人グループと6人グループに分け、部屋1と部屋3に割り当てる例を示している。

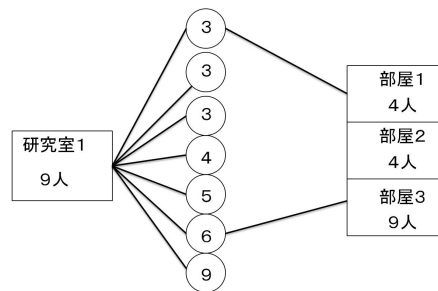


図1 モデルの考え方

また、複数の研究室で1つの部屋を共有する時の研究室

の組み合わせを考慮するために、各研究室が同室になった時のペナルティを用いる。ただし、4年生が割り当てられている部屋は、その部屋に割り当てられている4年生と同じ領域(学科)に属する研究室の3年生しか割り当てることができないとする。1つの研究室が複数の部屋に割り当てられた時の部屋間の距離を考慮するために、林、水野の卒業論文から引用した距離データを用いる [1].

2.4 定式化

定式化にあたり、記号を以下のように定義する。

L_i : 領域 $i \in E_1$ の研究室の集合

E_1 : 領域の集合 (1 : OR, 2 : 統計, 3 : 数学, 4 : システム工学, 5 : 通信, 6 : ソフトウェア)

E_2 : 学科の集合 (1 : 情報システム数理学科, 2 : システム創成工学科, 3 : ソフトウェア工学科)

R : ダミー部屋以外の部屋の集合

R_1 : ダミー部屋を含めたすべての部屋集合

R_2 : 4年生が割り当てられている部屋の集合

I : グループの人数の集合

G : グループ番号の集合

F_i : i 人グループの集合

a : 研究室の分割数

h : 研究室の組み合わせを考える際に必要な定数

c_r : 部屋 $r \in R$ の定員

δ_r : 部屋 $r \in R$ の定員増加分

m_l : 研究室 $l \in L$ の3年生の学生数

b_g : グループ $g \in G$ の人数

s_{rl} : 部屋 $r \in R_1$ に研究室 $l \in L$ の4年生が1人でもいるとき1, いないとき0をとる定数

t_{rl} : 部屋 $r \in R_1$ にいる研究室 $l \in L$ の4年生の人数

$o_{l_1 l_2}$: 研究室 $l_1 \in L$ の学生が研究室 $l_2 \in L$ の学生と同室になったときのペナルティ

$d_{r_1 r_2}$: 部屋 $r_1 \in R_1$ と部屋 $r_2 \in R_1$ の距離

p_1, p_2, p_3 : 目的関数の重み

次に変数を定義する。

x_{rlg} : 研究室 $l \in L$ の3年生のグループ $g \in G$ が部屋 $r \in R$ に割り当てられるとき1, そうでないとき0をとるバイナリ変数

v_{rl} : 研究室 $l \in L$ の3年生が1人でもいるとき1, そうでないとき0をとるバイナリ変数

$w_{ijl}, y_r, z_{r_1 l_2}$: 目的関数の線形化に必要な変数

定式化は以下の通りである。

最小化

$$p_1 \sum_{i \in R_1} \sum_{j \in R} \sum_{l \in L} d_{ij} s_{il} v_{jl} + p_1 \sum_{i \in R} \sum_{j \in R} \sum_{l \in L} d_{ij} v_{il} v_{jl} \\ + p_2 \sum_{r \in R} \sum_{l_1 \in L} \sum_{l_2 \in L} (o_{l_1 l_2} v_{r l_1} v_{r l_2} + o_{l_1 l_2} s_{r l_1} v_{r l_2}) \\ + p_3 \sum_{r \in R} \sum_{l \in L} \left| \left(t_{rl} + \sum_{g \in G} b_g x_{rlg} \right) - c_r \right|$$

式が非線形となるため、次のように線形の式に書き直す。

最小化

$$p_1 \sum_{i \in R_1} \sum_{j \in R} \sum_{l \in L} d_{ij} s_{il} v_{jl} + p_1 \sum_{i \in R} \sum_{j \in R} \sum_{l \in L} \left[d_{ij} \left\{ \frac{1}{2} (v_{il} + v_{jl} - w_{ijl}) \right\} \right] + p_2 \sum_{r \in R} \sum_{l_1 \in L} \sum_{l_2 \in L} \left[o_{l_1 l_2} \left\{ \frac{1}{2} (v_{r l_1} + v_{r l_2} - z_{r l_1 l_2}) \right\} \right] + o_{l_1 l_2} s_{r l_1} v_{r l_2} \Big] + p_3 \sum_{r \in R} y_r \quad (1)$$

制約条件

$$\sum_{l \in L} \left(t_{rl} + \sum_{g \in G} b_g x_{rlg} \right) \leq c_r + \delta_r \quad (r \in R) \quad (2)$$

$$\sum_{r \in R} \sum_{g \in G} b_g x_{rlg} = m_l \quad (l \in L) \quad (3)$$

$$\sum_{l \in L} \left(t_{rl} + \sum_{g \in G} b_g x_{rlg} \right) \geq 1 \quad (r \in R) \quad (4)$$

$$\sum_{r \in R} \sum_{g \in G} x_{rlg} \leq a \quad (l \in L) \quad (5)$$

$$\sum_{l \in L_e} v_{rl} \leq h \sum_{l \in L_e} s_{rl} \quad (e \in E_1, r \in R_2) \quad (6)$$

$$\sum_{g \in F_i} x_{rlg} \leq 1 \quad (i \in I, r \in R, l \in L) \quad (7)$$

$$\sum_{g \in G} x_{rlg} \leq v_{rl} \quad (r \in R, l \in L) \quad (8)$$

$$v_{il} - v_{jl} \leq w_{ijl} \quad (i \in R, j \in R, l \in L) \quad (9)$$

$$-v_{il} + v_{jl} \leq w_{ijl} \quad (i \in R, j \in R, l \in L) \quad (10)$$

$$v_{r l_1} - v_{r l_2} \leq z_{r l_1 l_2} \quad (r \in R, l_1 \in L, l_2 \in L) \quad (11)$$

$$-v_{r l_1} + v_{r l_2} \leq z_{r l_1 l_2} \quad (r \in R, l_1 \in L, l_2 \in L) \quad (12)$$

$$\sum_{l \in L} \left(t_{rl} + \sum_{g \in G} b_g x_{rlg} \right) - c_r \leq y_r \quad (r \in R) \quad (13)$$

$$\sum_{l \in L} \left(-t_{rl} - \sum_{g \in G} b_g x_{rlg} \right) + c_r \leq y_r \quad (r \in R) \quad (14)$$

$$x_{rlg} \in \{0, 1\} \quad (r \in R, l \in L, g \in G) \quad (15)$$

$$v_{rl} \in \{0, 1\} \quad (r \in R, l \in L) \quad (16)$$

$$w_{ijl} \in \{0, 1\} \quad (i \in R, j \in R, l \in L) \quad (17)$$

$$z_{r_1 l_2} \in \{0, 1\} \quad (r \in R, l_1 \in L, l_2 \in L) \quad (18)$$

$$\frac{1}{2} (v_{il} + v_{jl} - w_{ijl}) \geq 0 \quad (i \in R, j \in R, l \in L) \quad (19)$$

$$\frac{1}{2} (v_{r l_1} + v_{r l_2} - z_{r l_1 l_2}) \geq 0 \quad (r \in R, l_1 \in L, l_2 \in L) \quad (20)$$

式(1)の第1項目は、各研究室の4年生が割り当てられている部屋と3年生が割り当てられる部屋間の距離の合計、第2項目は、各研究室の3年生が割り当てられる部

5 実行結果と考察

5.1 部屋割り作業の実行結果と考察

$a = 3, P_1 = 1, P_2 = 1, E_1$ のときの実行結果を表 2 にまとめた。計算時間は、学部生の部屋割りでは約 13 分、院生の部屋割りでは約 10 秒である。また、分割された研究室は学部生の部屋割りでは 4 研究室、院生の部屋割りでは 2 研究室あった。各部屋の最大収容人数を定員以下とする場合、院生の部屋割りは最適解を求めることができたが、学部生の部屋割りは最適解を求めることができなかった。そこで学部生を割り当てる部屋は、各部屋の最大収容人数を定員の 1 割増としたところ、最適解を求めることができた。林、水野のモデルで部屋割りをを行うと、院生の部屋割りで割り当てられる学生が定員以上となった部屋が 1 つあり、学部生の部屋割りで割り当てられる学生が定員の 1 割以上となった部屋が 3 つあった。本モデルでは容量制約を加えたので、各部屋の最大収容人数を超えることはない。この結果より、学部生、院生ともに各部屋に割り当てられる学生の人数と定員との差が小さくなったといえる。

5.2 机の配置作業の実行結果と考察

林、水野のモデルの部屋割り作業実行後のデータ [1] を用いて机の配置を行った結果を表 3 にまとめた。本モデルを用いて机の配置を行うと総移動距離は、3822m となり、林、水野のモデルを用いて机の配置を行うと総移動距離は、3674.5m となった。本モデルと林、水野のモデルを比較すると、総移動距離が 147.5m 増加した。原因として次のことが考えられる。本モデルでは、院生は院生用の机を使用しなければならないが、学部生は、学部生用の机の数が学生数未満であるときのみ、足りない分だけ院生用の机を使用できるとした。しかし、林、水野のモデルでは、院生は院生用の机を使用しなければならないが、学部生は、院生、学部生用どちらの机を使用してもよいとしていた。そのため、本モデルでは学部生の部屋に院生の机があっても、他の部屋で学部生用の机が余っていれば、その机を移動させなければならない。この机の移動が、本モデルの移動距離に加わったため机の総移動距離が増加したと考えられる。

6 おわりに

本研究では、ユーザインタフェースを含めた学生研究室割り当てシステムを提案した。部屋割りモデルでは、割り当てられる学生の数と定員との差のばらつきを減らすことができ、机の配置モデルでは、院生用の机を使用していた学部生に対し、余っている学部生用の机を割り当てることができようになった。したがって、2 点の問題を解決することができたといえる。しかし、課題が 2 点ある。1 点目は 2011 年度のデータでしか計算を行わなかったため、別のデータで計算を行うことである。こうすることで、林、水野のモデルとの違いを明確化させることができると考えられる。2 点目は部屋割りモデルにおいて、重みの付け方によって計算時間が長くなる場合があるので、計算時間の短縮を図ることである。

参考文献

- [1] 林美咲, 水野友貴:『学生研究室の引越しスケジュールリングについて』, 南山大学数理情報学部情報システム数理学科, 2011 年度卒業論文, 2012.

表 2 部屋割りモデルの実行結果

部屋	研究室	学生数	部屋の定員	部屋の定員 - 学生数
H405	佐々木美 (B4)	11	14	-3
H406	白石 (B3)	11	14	-3
H410	木村 (B3,B4)	22	20	2
H411	松田 (B3,B4)	22	20	2
H414	杉浦 (B3,B4), 小藤 (B3), 佐々木克 (B3)	22	20	2
H415	小藤 (B3,B4), 杉浦 (B3)	22	20	2
H305	佐々木克 (B3,B4)	21	20	1
H306	陳 (B4)	13	20	-7
H308	市川 (B3,B4)	15	14	1
G402	高見 (B3,B4), 大石 (B3)	33	40	-7
G403	腰塚 (B3,B4), 鈴木 (B3,B4)	43	40	3
G404	尾崎 (B4), 澤木 (B3,B4), 佐々木美 (B3)	44	40	4
H204	蜂巣 (B4), 吉田 (B4)	30	24	6
H205	吉田 (B3), 蜂巣 (B3)	22	20	2
H208	野呂 (B4)	12	10	2
H209	張 (B4)	11	10	1
H212	野呂 (B3), 張 (B3)	22	20	2
H213	石崎 (B3), 奥村 (B3)	22	20	2
H310	市川 (B3), 陳 (B3)	15	14	1
H311	奥村 (B4)	23	14	9
H315	石崎 (B4)	16	20	-4
G301	青山 (B3,B4), 横森 (B3)	36	40	-4
G302	河野 (B3,B4), 宮澤 (B3)	36	40	-4
G401	後藤 (B3,B4)	25	40	-15
H403	佐々木克 (M2), 杉浦 (M2)	5	10	-5
H404	木村 (M1)	4	10	-6
H407	尾崎 (M2), 澤木 (M1)	4	10	-6
H413	松田 (M1)	9	10	-1
H302	高見 (M2,M1)	10	10	0
H303	高見 (M1)	10	10	0
H309	奥村 (M1,M2)	8	14	-6
H312	鈴木 (M1)	8	10	-2
H313	鈴木 (M1,M2), 腰塚 (M2)	10	10	0
H314	澤木 (M1), 石崎 (M1)	6	20	-14
H201	野呂 (M1,M2)	18	20	-2
H202	河野 (M1,M2)	14	14	0
H210	青山 (M1)	10	10	0
H211	青山 (M2), 吉田 (M1)	9	10	-1

表 3 机の配置モデルの実行結果

院生用机			学部生用机		
供給部屋	需要部屋	個数	供給部屋	需要部屋	個数
H407	H201	1	H406	H405	4
H405	H210	4	H314	H311	7
H407	H210	1	H314	H415	6
H413	H404	1	H315	H311	1
H413	H201	2	H315	H305	2
H302	H303	2	H315	H306	3
H302	H210	1	G301	H410	2
H312	H210	1	G301	H415	1
H313	H201	1	G301	G402	1
H314	H201	3	G301	G403	3
H205	H201	3	G301	G404	1
H208	H202	3	G302	H415	3
H209	H201	1	G302	H205	5
H209	H202	9	H202	H205	4
H211	H210	3	H202	H209	10
H414 ^{*1}	H410	1	H204	H205	1
H309 ^{*1}	H308	1	H210	H410	3
H311 ^{*1}	H308	8	H210	H212	2
			H210	H213	5

*1 学部生が使う机とする。