

# スポーツ店におけるシフトスケジューリング問題

2015SS054 大石樹

指導教員：福嶋雅夫

## 1 はじめに

近年、日本でのスポーツへの関心の高まりに伴いスポーツ用品の市場規模も拡大している [1]。こうした流れの中でスポーツ用品店では多種多様な顧客の要望に適切に対応するため、各スタッフには専門的知識及び豊富な経験が求められる。さらに在籍する多くのスタッフのシフト要望から、適切なシフトを作成し、適切な売り場担当に振り分け、その中で各スタッフの教育を上手におこなうことが必要である。本研究では、スポーツ量販店におけるスタッフの教育という観点から、スタッフが得られる経験量を想定することにより、永続的で良好な店舗運営を目的としたシフトスケジューリングの作成法について考察する。

## 2 研究の内容

本研究では、教育という観点から永続的な店舗運営を目的としたシフトスケジューリング問題を考える。その際、以下を考慮し、0-1 整数計画問題 [2] として定式化を行う。

- 各スタッフはある売り場に責任者、もしくはそれ以外の担当者として配置され、店舗で定められた、ある時間帯に働く。連続する複数の時間帯にかけて働く事は可能とする。
- 売り場ごとに、各スタッフには能力に応じて熟練度が設定され、各売り場には必ず 1 名、必要とされる熟練度を有した責任者が配置される。
- 各時間帯において最低必要なスタッフの人数を定める。
- 各スタッフの全期間での勤務時間数には制限がある。

## 3 記号の定義

本研究で扱う記号を定義する。以下ではスタッフの集合を  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 、売り場の集合を  $M = \{1, 2, \dots, m\}$ 、日にちの集合を  $D = \{1, 2, \dots, d\}$ 、時間帯の集合を  $L = \{1, 2, \dots, l\}$  とする。

- 定数を以下のように定義する。
  - $a_{ij}$  : スタッフ  $i$  の売り場  $j$  に対する熟練度;  $a_{ij} \in \{1, 2, \dots, p\}$  ( $p$  は整数)
  - $S_j$  : 売り場  $j$  の責任者として最低必要とされる熟練度;  $S_j \in \{1, 2, \dots, p\}$
  - $N_j$  : 売り場  $j$  の責任者になれるスタッフの集合;  $N_j = \{i \mid a_{ij} \geq S_j\}$
  - $e_j^{kt}$  :  $k$  日目の時間帯  $t$  において売り場  $j$  に最低必要な責任者以外のスタッフの人数
  - $E^{kt}$  :  $k$  日目の時間帯  $t$  において売り場全体で最低必要な責任者以外のスタッフの人数
  - $F^k$  :  $k$  日目に働く責任者以外のスタッフ働く時間数

の合計の上限

$h_i, H_i$  : スタッフ  $i$  が全期間で働く時間数の下限と上限

$B_i^{kt}$  :  $k$  日目の時間帯  $t$  にスタッフ  $i$  が働くことが可能かどうかを表す 0-1 定数,

$P^{kt}$  :  $k$  日目の時間帯  $t$  の時間数

- 次に、変数を以下のように定める。

$x_{ij}^{kt} \in \{0, 1\}$  :  $k$  日目の時間帯  $t$  にスタッフ  $i$  が売り場  $j$  に、責任者でない担当者として配置されるとき 1, そうでないとき 0 となる変数

$y_{ij}^{kt} \in \{0, 1\}$  :  $k$  日目の時間帯  $t$  にスタッフ  $i$  が売り場  $j$  に、責任者として配置されるとき 1, そうでないとき 0 となる変数

## 4 定式化

担当者スタッフが得られる経験量を大きくするには、売り場にいる責任者スタッフと担当者スタッフの熟練度の差が大きければよいと考えられる。言い換えれば、担当者スタッフと熟練度の合計と責任者の熟練度の合計の差を小さくすればよい。ここでは、さらに一般化して、重みパラメータ  $\theta \in (0, 1)$  を用いて定義される次の関数を最小化することを考える。

$$\sum_{k \in D} \sum_{t \in L} \sum_{j \in M} \sum_{i \in N} a_{ij} ((1 - \theta)x_{ij}^{kt} - \theta y_{ij}^{kt}) \quad (1)$$

目的関数 (1) を 2 節で挙げた制約条件のもとで最小化する問題は以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned} \min & \sum_{k \in D} \sum_{t \in L} \sum_{j \in M} \sum_{i \in N} a_{ij} ((1 - \theta)x_{ij}^{kt} - \theta y_{ij}^{kt}) \\ \text{s.t.} & \sum_{i \in N_j} y_{ij}^{kt} = 1, j \in M, k \in D, t \in L \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ij}^{kt} \geq e_j^{kt}, j \in M, k \in D, t \in L \quad (3)$$

$$\sum_{j \in M} \sum_{i \in N} x_{ij}^{kt} \geq E^{kt}, k \in D, t \in L \quad (4)$$

$$\sum_{t \in L} \sum_{j \in M} \sum_{i \in N} P^{kt} x_{ij}^{kt} \leq F^k, k \in D \quad (5)$$

$$\sum_{k \in D} \sum_{t \in L} \sum_{j \in M} P^{kt} (x_{ij}^{kt} + y_{ij}^{kt}) \geq h_i, i \in N \quad (6)$$

$$\sum_{k \in D} \sum_{t \in L} \sum_{j \in M} P^{kt} (x_{ij}^{kt} + y_{ij}^{kt}) \leq H_i, i \in N \quad (7)$$

$$x_{ij}^{kt} + y_{ij}^{kt} \leq B_i^{kt}, i \in N, j \in M, k \in D, t \in L \quad (8)$$

$$y_{ij}^{kt} = 0, i \notin N_j, j \in M, k \in D, t \in L \quad (9)$$

## 5 計算実験

前節の定式化をもとにプログラムを作成し、計算実験を行う。計算は最適化ソルバ Gurobi[3] を用いて行った。

### 5.1 例題

7日間の勤務スケジュールを組む。あるスポーツ店では、1日が2つの時間帯で構成され、時間帯1を5時間、時間帯2が7時間である。売り場の数を4つとし、各スタッフの各売り場に対する熟練度を1から5の5段階で定める。また各売り場の責任者に必要とされる熟練度を定める。各スタッフが7日間で働く時間数に関して下限と上限を定める。各日にちの各時間帯で、各売り場及び全体に最低必要とされる責任者以外の担当者スタッフの人数も定め、スタッフは25名とする。この条件のもとで目的関数の重みパラメータ  $\theta$  を変化させたとき、勤務スケジュールがどのように変化するかを調べる。

### 5.2 実験結果

重みパラメータの値を  $\theta = 0.25, 0.50, 0.75, 0.90$  とした4つの場合に対する計算結果をそれぞれ表1から表4に示す。ただし紙面の都合で、各表はスタッフの出勤人数の多い6日目と7日目の2日間のシフトを表している。かっこ内の数字  $(d, t)$  は  $d$  日目の時間帯  $t$  を表し、各々の欄にかかれた数字はその時間帯に働くスタッフの番号を、太字でかかれた数字は責任者を表す。熟練度5の人を高熟練度スタッフとし、スタッフ番号に上バーを表示している。また、スタッフの熟練度1,2の人を低熟練度スタッフとし、スタッフ番号に下バーを表示している。

表1 作成されたスケジュール ( $\theta = 0.25$ )

	(6,1)	(6,2)	(7,1)	(7,2)
売り場1	<b>6</b> , <u>24</u> , <u>25</u>	<b>2</b> , <u>20</u> , <u>24</u>	<u>9</u> , <u>13</u> , <u>20</u>	<b>3</b> , <u>17</u> , <u>25</u>
売り場2	<u>4</u> , <u>20</u> , <u>23</u>	<b>5</b> , <u>12</u> , <u>22</u>	<u>4</u> , <u>22</u> , <u>23</u>	<b>2</b> , <u>12</u> , <u>21</u>
売り場3	<u>1</u> , <u>14</u> , <u>19</u>	<b>3</b> , <u>9</u> , <u>14</u> , <u>15</u>	<u>10</u> , <u>14</u> , <u>16</u>	<b>8</b> , <u>14</u> , <u>15</u> , <u>19</u>
売り場4	<b>3</b> , <u>18</u>	<b>7</b> , <u>21</u>	<b>5</b> , <u>24</u>	<b>7</b> , <u>18</u>

表2 作成されたスケジュール ( $\theta = 0.50$ )

	(6,1)	(6,2)	(7,1)	(7,2)
売り場1	<b>6</b> , <u>24</u> , <u>25</u>	<b>2</b> , <u>3</u> , <u>24</u>	<u>5</u> , <u>9</u> , <u>13</u>	<b>2</b> , <u>5</u> , <u>25</u>
売り場2	<u>4</u> , <u>20</u> , <u>23</u>	<b>11</b> , <u>17</u> , <u>20</u>	<u>4</u> , <u>20</u> , <u>23</u>	<b>8</b> , <u>12</u> , <u>18</u>
売り場3	<u>10</u> , <u>14</u> , <u>19</u>	<b>9</b> , <u>12</u> , <u>14</u> , <u>15</u>	<u>10</u> , <u>14</u> , <u>19</u>	<b>1</b> , <u>15</u> , <u>16</u> , <u>19</u>
売り場4	<b>3</b> , <u>18</u>	<b>7</b> , <u>21</u>	<b>22</b> , <u>24</u>	<b>7</b> , <u>21</u>

表3 作成されたスケジュール ( $\theta = 0.75$ )

	(6,1)	(6,2)	(7,1)	(7,2)
売り場1	<b>6</b> , <u>24</u> , <u>25</u>	<b>3</b> , <u>5</u> , <u>11</u> , <u>21</u>	<u>9</u> , <u>13</u> , <u>24</u>	<b>5</b> , <u>21</u> , <u>25</u>
売り場2	<u>4</u> , <u>20</u> , <u>23</u>	<b>15</b> , <u>17</u> , <u>20</u>	<u>4</u> , <u>20</u> , <u>23</u>	<b>8</b> , <u>12</u> , <u>15</u>
売り場3	<u>1</u> , <u>16</u> , <u>19</u>	<b>12</b> , <u>14</u> , <u>19</u>	<u>10</u> , <u>16</u> , <u>19</u>	<b>1</b> , <u>14</u> , <u>16</u> , <u>19</u>
売り場4	<b>3</b> , <u>18</u>	<b>7</b> , <u>24</u>	<b>6</b> , <u>22</u>	<b>7</b> , <u>18</u>

表4 作成されたスケジュール ( $\theta = 0.90$ )

	(6,1)	(6,2)	(7,1)	(7,2)
売り場1	<b>6</b> , <u>24</u> , <u>25</u>	<b>3</b> , <u>5</u> , <u>9</u>	<u>9</u> , <u>13</u> , <u>24</u>	<b>5</b> , <u>21</u> , <u>25</u>
売り場2	<u>4</u> , <u>20</u> , <u>23</u>	<b>15</b> , <u>17</u> , <u>20</u>	<u>4</u> , <u>20</u> , <u>23</u>	<b>8</b> , <u>12</u> , <u>15</u>
売り場3	<u>1</u> , <u>14</u> , <u>16</u> , <u>19</u>	<b>12</b> , <u>14</u> , <u>19</u>	<u>10</u> , <u>16</u> , <u>19</u>	<b>1</b> , <u>2</u> , <u>16</u> , <u>19</u>
売り場4	<b>3</b> , <u>18</u>	<b>7</b> , <u>24</u>	<b>6</b> , <u>22</u>	<b>7</b> , <u>18</u>

### 5.3 考察

まず得られた計算結果から高熟練度スタッフである責任者と、同じ売り場に配置された低熟練度の担当者スタッフの合計人数  $(I)$ 、および2日間の間で配置されたスタッフの熟練度の総和  $(II)$  を表5に示す。表5より  $(I)$ 、 $(II)$  とともに  $\theta = 0.25, 0.50, 0.75$  の順に徐々に値が大きくなっていく。 $(I)$  が大きいということはすなわち、スタッフを教育するのに適しており、 $(II)$  が大きいということは円滑な店舗運営をするのに適しているシフトであるといえる。よって  $\theta = 0.25, 0.50, 0.75$  の3パターンの比較においては  $\theta = 0.75$  が好ましいといえる。これについては他の日にちでも同様の傾向が見られた。次に  $\theta = 0.75, 0.90$  を比較する。 $(I)$ 、 $(II)$  とともに値の差はほとんど見られなかったが、 $\theta = 0.90$  のときの方が連続した時間帯で勤務しているスタッフの人数が多いため、スタッフの疲労を考えると  $\theta = 0.75$  のスケジュールのほうが好ましい。以上のことからこの例題では  $\theta = 0.75$  にすることで好ましいスケジュールを作成できたといえる。また目的関数の性質上、担当者を必要以上に配置することはないため、総じて人件費を抑えた上でスケジュールを作成できたといえる。

表5 各  $\theta$  の値に対する  $(I)$ 、 $(II)$  の比較

$\theta$	0.25	0.50	0.75	0.90
$(I)$	12	17	27	26
$(II)$	101	110	115	116

## 6 おわりに

本研究では、スポーツ店におけるシフトスケジュール作成を行った。ここで考えた方法を用いれば、スタッフの教育に考慮した上で円滑な店舗運営を可能としたスケジュール作成が行えると期待できる。

### 参考文献

- [1] スポーツ用品市場に関する調査を実施 (2019年) — ニュース・トピックス — 市場調査とマーケティングの矢野経済研: [https://www.yano.co.jp/press-release/show/press\\_id/2151](https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2151)
- [2] 大野勝久, 逆瀬川浩孝, 中出康一, 『Excelで学ぶオペレーションズリサーチ』, 近代科学社, 2015年
- [3] 久保幹雄, J.P. ペドロソ, 松村 正和, A. レイス: 『あたらしい数理最適化-Python 言語と Gurobi で解く』, 近代科学社, 2016