

# 企業における役員会議スケジュールリングシステムの試作

2016ss037 前田翼 2017ss065 島崎萌

指導教員：鈴木敦夫

## 1 はじめに

近年、オペレーションズ・リサーチ (OR) の手法を用いた企業における業務の改善例が数多く報告されている。具体例を挙げると、トラックの最適な配送ルートを自動で算出するシステムの開発 [1] や、駐車場の最適配置問題 [2]、食品工場におけるシフトスケジュールを作成するシステムの開発 [3] が挙げられる。その理由の 1 つに、OR のアルゴリズム、理論、計算機の発展が理由で挙げられるだろう。私達の研究室では企業から様々な問題解決の依頼を受けている。私達の研究は、その中の 1 つである。それは、整数計画法を用いた役員の会議のスケジュールリングシステムの試作である。

このシステムを用いれば、短時間で効率的に会議のシフトを作成することが可能であると考えられる。本研究の事例では今までシフト作成までに 1 月分あたり 143 時間も費やしているが、システムを用いることで、大幅に時間が短縮することが期待できる。

## 2 役員会議スケジュールリング問題

### 2.1 問題の説明

これまで手作業で行われていたシフト作成の要素を分析すると、「役員」「会議」「日程」の 3 つの要素から成り立つことと、シフトを作成する上でいくつか必要なデータと条件が存在することがわかった。

データとは「役員の日程データ」、「会議の役員出席のデータ」、「会議の開催条件のデータ」、「優先度データ」、「時間のデータ」のことであり、条件とは

*renzoku*:連続で開催する会議を入れたデータ

*interval*:会議同士で何日か離して開催するデータ

*within*:会議同士で何日前以内に開催するデータ

である。これまで、これらのデータを条件を加味しながら手作業でシフトを作成していたので大きく時間がかかっていたと考えられる。

### 2.2 役員、会議、日程の説明

・役員の日程データ

会議のスケジュールリングに関わる役員数は 5 人で行う。データは役員の名前で入力し、ひとつのリストでまとめて取り扱う。

・会議のデータ

会議は一月あたり平均 50 個程開催することがわかっていて、会議には様々な条件がある。例えば、特定の会議同士で何日以上離して開催するなど様々な条件が存在する。

会議は会議の名前に入力し、ひとつのリストでまとめて取り扱う。

・日程を表すデータ

日程は約 23 日間であるが、一日の中で日程を「日程  $t$  午前 1, 日程  $t$  午前 2, 日程  $t$  午後 1, 日程  $t$  午後 2」と 4 つに分け、ある 1 日を 4 つの時間帯で区切り、その単位を最小にして考えている。1 コマの時間に収まらない会議については会議を 2 つに分け、連続で開催する条件を追加して 1 つの会議として見る。日程は日程  $t$  午前  $n$ , 午後  $n$  で表記し、ひとつのリストでまとめて取り扱う。

## 3 定式化

### 3.1 定式化の考え方

もともと手作業で作成されていたシフトは、作成されたものが良いものか、悪いものか判断が難しい。しかし、OR の手法を導入すれば、そのシフトが正しいかどうか、定量的に判断することが可能である。

私達の研究では、目的関数を  $(1)y_{it}(2)p_{jt} \times x_{jt}(3)r_{1ch}+r_{2ch}$  の 3 つの要素をできるだけ小さくすることにしている。それぞれについての詳細は、(1) 役員が調整する日程をできるだけ少なくする。(2) 優先度の高い会議をなるべく調整しないようにする。(3) 開催日程が前後になつてはいけない会議にペナルティをかける。であり、最も重要な要素である  $(1)y_{it}$  の役員の日程を調整することが少なくするというのは、より良いシフトであるということが定量的に判断可能である。

### 3.2 記号の定義

$I$ : 役員の数

$J$ : 会議の数

$T$ : 日程の数 (1 日 4 コマ)

$H1, H2, \dots, Hn$  ( $n$  は月によって変化する): 日程を 1 日ごとに分けた数

$Hall$ : 日程を 1 日ごとに分けたものをまとめた数

$C$ : 前後で開催してはならない会議の組み合わせの数

$J'$ : 同日開催してはならない会議の数

$$S_{it} = \begin{cases} 1: i \text{ という人が日程 } t \text{ の予定が空いている} \\ 0: i \text{ という人が日程 } t \text{ の予定が空いていない} \end{cases}$$

$$M_{ij} = \begin{cases} 1: i \text{ という人が会議 } j \text{ に参加する必要がある} \\ 0: i \text{ という人が会議 } j \text{ に参加する必要がある} \end{cases}$$

$P_{jt}$ : 会議の開催日程の優先パラメータ  
(優先度の高い日程ほど値を小さくする)

$$N_{jt} = \begin{cases} 1: \text{会議 } j \text{ は日程 } t \text{ に開ける} \\ 0: \text{会議 } j \text{ は日程 } t \text{ に開けない} \end{cases}$$

$Z_j$  : 会議の長さ  
 $J1$  : 連続開催する会議で先に開催する会議の集合  
 $J2$  : 連続開催する会議で後に開催する会議の集合  
 $J3$  : 何日か空けて開催する会議で先に開催する会議の集合  
 $J4$  : 何日か空けて開催する会議で後に開催する会議の集合  
 $J5, 6$  : 連続開催してはならない会議の集合  
 $J7$  : 会議  $j8$   $J8$  が開催日の  $d2$   $D2$  日後から 0 日後空けて開催される会議の集合  
 $J8$  : 会議  $j7$   $J7$  の開催日の  $d2$   $D2$  日前から 0 日前までに開催される会議の集合  
 $D1$  : 会議  $j3$   $J3$  と会議  $j4$   $J4$  を  $d1$   $D1$  日離して開催するという数の集合  
 $D2$  : 会議  $j7$   $J7$  が会議  $j8$   $J8$  の開催日の  $d2$   $D2$  日前以内に開催するという数の集合

【変数】

$$x_{jt} = \begin{cases} 1: \text{会議 } j \text{ が日程 } t \text{ に開かれる} \\ 0: \text{会議 } j \text{ が日程 } t \text{ に開かれない} \end{cases}$$

$$y_{it} = \begin{cases} 1: i \text{ という人が日程 } t \text{ を調整すれば会議が開かれる} \\ 0: i \text{ という人が日程 } t \text{ を調整しなくても良い} \end{cases}$$

$g_{ijt}$  : 役員  $i$  が出席する日程  $t$  に開かれる会議  $j$  の会議の時間

$$r_{1ch}, r_{2ch} =$$

$$\begin{cases} -1: \text{会議 } c \text{ の組み合わせで連続の日程 } h, h+1 \text{ で開催される} \\ 0: \text{会議 } c \text{ の組み合わせで連続の日程 } h, h+1 \text{ で開催されない} \end{cases} \quad (T \text{ は } T \text{ を超えない最大の自然数で } 4 \text{ で割って } 1 \text{ 余るもの}) \quad (8)$$

$$u_{jh} = \begin{cases} 1: \text{会議 } j \text{ が日程 } h \text{ に開かれる} \\ 0: \text{会議 } j \text{ が日程 } h \text{ に開かれない} \end{cases}$$

### 3.3 定式化

【目的関数】

$$\min. \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T y_{it} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T P_{jt} x_{jt} + \sum_{c=1}^C \sum_{h=1}^{H_n-1} r_{1ch}$$

$$+ \sum_{c=1}^C \sum_{h=1}^{H_n-1} r_{2ch} \quad (r_{1ch}, r_{2ch} \text{ はパラメータ})$$

【制約条件】

$$\sum_{j=1}^J M_{ij} x_{jt} \leq S_{it} + y_{it} \quad (i = 1, \dots, I; t = 1, \dots, T) \quad (1)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{jt} = 1 \quad (j = 1, \dots, J) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J M_{ij} x_{jt} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, I; t = 1, \dots, T) \quad (3)$$

$$x_{jt} \leq N_{jt} \quad (i = 1, \dots, I; t = 1, \dots, T) \quad (4)$$

$$x_{j1t} \leq x_{j2t+1} \quad (t = 1, \dots, T-1; j1 \in J1, j2 \in J2) \quad (5)$$

$$u_{j3h} \leq \begin{cases} \sum_{h'=h+d1}^{H_n} u_{j4h'} \\ (h = 1, \dots, H_n - d1) : h \leq H_n \\ 0 : h > H_n(j3 \in J3, j4 \in J4, d1 \in D1) \end{cases} \quad (6)$$

$$g_{ijt} = M_{ij} Z_j x_{jt}$$

$$(i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T) \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^J g_{ijt} + \sum_{j=1}^J g_{ijt+1} \leq 180$$

$$(t = 1, 5, 9, \dots, T'; i = 1, \dots, I)$$

$$\sum_{j=1}^J g_{ijt} + \sum_{j=1}^J g_{ijt+1} \leq 240$$

$$(t = 3, 7, 11, \dots, T''; i = 1, \dots, I)$$

$$(T'' \text{ は } T \text{ を超えない最大の自然数で } 4 \text{ で割って } 3 \text{ 余るもの}) \quad (9)$$

$$\sum_{t=4m+1}^h x_{jt} \leq 1$$

$$(j = 1, \dots, J; (m, h) = (0, H1), \dots, (n-1, Hn)) \quad (10)$$

$$\sum_{t=4m+1}^h x_{jt} = u_{jHn}$$

$$(j = 1, \dots, J; (m, h) = (0, H1), \dots, (n - 1, Hn)) \quad (11)$$

$$u_{j5h} + u_{j6h+1} + r_{1(j5,j6)h} \leq 1 (h = 1, \dots, H - 1)$$

$$u_{j6h} + u_{j5h+1} + r_{2(j5,j6)h} \leq 1 (h = 1, \dots, H - 1)$$

$$(j5 \quad J5, j6 \quad J6) \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^{J'} u_{jh} \leq 1 (h = 1, \dots, Hn) \quad (13)$$

$$x_{jt} \in \{0, 1\} (j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T) \quad (14)$$

$$y_{it} \in \{0, 1\} (i = 1, \dots, I; t = 1, \dots, T) \quad (15)$$

$$r_{1ch}, r_{2ch} \in \{-1, 0\} \quad (16)$$

$$u_{jh} \in \{0, 1\} (j = 1, \dots, J; h = 1, \dots, Hn) \quad (17)$$

$$u_{j7h} \leq \begin{cases} \sum_{h'=h-d2}^h u_{j8h'} \\ (h = d + 1, d + 2, \dots, Hn) : h > d2 \\ \sum_{j7=1}^h u_{j8h'} (h = 1, 2, \dots, d) : h \leq d2 \end{cases} \quad (18)$$

### 3.4 目的関数, 各制約条件の説明

#### 【目的関数】

役員が調整する日程をできるだけ少なくし, 優先度の高い役員をなるべく調整しないようにし, 希望度の高い日程に会議を開くようにして, 開催日程が前後になってはいけな会議にペナルティをかける.

#### 【制約条件】

式 (1)...会議に必要な役員の条件を満たす日程があるとき, 役員の日程が空いていれば良い.

式 (2)...会議は全日程の中で 1 度だけ開催されるようにする.

式 (3)...役員  $i$  はその日程  $t$  の中で 1 つの会議にしか出席できない.

式 (4)...実際に会議を開く日  $x_{jt}$  は, 会議の開くことのできる条件で表される日  $N_{jt}$  以下になる.(会議開催条件  $N_{jt}$  を満たすように会議を開催する.)

式 (5)...会議  $j1$  と会議  $j2$  は連続開催する.

式 (6)...会議  $j3$  は会議  $j4$  の  $d1$  日後以降に開かれる.

式 (7)... $x_{jt}$  と  $g_{ijt}$  を対応させる.

式 (8)...午前の会議は合計 180 分以内

式 (9)...午後の会議は合計 240 分以内

式 (10)...1 日で同一の会議が 1 以上にならないようにする.

式 (11)... $x_{jt}$  と  $Hall$  を対応させる.

式 (12)...会議  $j5, j6$  が前後の日程にならないようにする.

式 (13)...同日開催してはいけない会議が同日開催にならないようにする.

式 (14)...変数  $x_{jt}$  は 0 か 1 をとる.

式 (15)...変数  $y_{it}$  は 0 か 1 をとる.

式 (16)...変数  $r_{1ch}, r_{2ch}$  は -1 か 0 をとる.

式 (17)...変数  $u_{jh}$  は 0 か 1 をとる.

式 (18)...ある会議  $j7$  はある会議  $j8$  が開催する  $d2$  日以内に開催される.

## 4 システムの説明

データの処理は Python を使う.

CSV ファイル形式のデータ

$S_{it} \cdot M_{ij} \cdot P_{jt} \cdot N_{jt} \cdot Z_j$

・ *renzoku* (会議を連続で開くかどうか)

・ *interval* (会議を何日離して開くか)

・ *within* (会議を何日以内で開くか)

を読み込み, PuLP で線形計画問題を解き, 結果を CSV ファイル形式のデータを出力するプログラムを作成した.

## 5 問題例

### 5.1 データの説明

システムを使う上で用意するデータは  $S_{it} \cdot M_{ij} \cdot P_{jt} \cdot N_{jt} \cdot Z_j \cdot renzoku \cdot interval \cdot within$  の 8 つである. データの代表として  $S_{it}$  の入力を紹介する.

$S_{it}$  のデータの入力の仕方は, 以下の図 1 のようである.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

図 1  $S_{it}$  の表

① 「役員 1, 日程 1 午前 1」の 1 は役員 1 が日程 1 午前 1 は予定が空いている

② 「役員 1, 日程 1 午前 2」の 0 は役員 1 が日程 1 午前 1 は予定が空いていないを表す.

$M_{ij} \cdot P_{jt} \cdot N_{jt} \cdot Z_j$  も同様である.

### 5.2 実行結果

実際に現時点でのシステムを試用した際のデータと出力結果を示す.

入力したデータの規模は以下の通りである。

役員:5名, 会議:10個, 日程:23日 (92コマ)

$S_{it}$ : 役員 5名, 日程 23日

$M_{ij}$ : 役員 5名, 会議 10個

$P_{jt} \cdot N_{jt}$ : 会議 10個, 日程 23日

$Z_j$ : 会議 10個

「経営企画会議米上1」と「経営企画会議米上2」のように同じ名前の会議を連続開催

「経営企画会議米上1」を開催して2日以上離して「経営企画会議欧上1」を開催

「経営企画会議欧上1」が開催する7日前以内に「経営企画会議米上1」を開催

以下で結果の出力の表について説明する。

役員・日程の表は、以下の図2のようである。

図4 役員・日程の表

### 5.3 結果の考察

今回の会議の数の規模では条件が満たされていることを出力から確認することができた。しかし、実用段階では会議の数は50個になり、条件がうまく満たされるかどうか懸念がある。特に、会議について日程の優先度データは会議の数が実用段階になった時、パラメータを吟味する必要が出てくる。

## 6 おわりに

本研究では会議のスケジューリングを自動化するものである。現在のプログラムでは、会議の数は少ないもの、企業の担当者に求められた条件を全て満たしているため、実用段階までは会議の数を多くし、プログラムを調整する段階までに入っている。

今後は、会議の規模を大きくしたデータで企業の担当者に実行してもらい、細かい部分を調整していくことになる。また、手で作成したスケジュールと自動化したスケジュールでは何が違うかを確認してもらい、自動化したスケジュールの方が最適になるようなものに今後調整することで、担当者の方の満足度を上げることが期待できる。

### 参考文献

- [1] 小林友哉, 山崎遥: トラック配送ルート自動算出システムの開発. 南山大学理工学部システム理学科, 2019年度卒業論文, 2020
- [2] 小島崇揮, 西翠: 工場における駐車場の最適運用. 南山大学理工学部システム数理学科, 2019年度卒業論文, 2020
- [3] 角大輝, 山下依純: 食品工場におけるシフトスケジュール作成問題. 南山大学理工学部システム数理学科, 2019年度卒業論文, 2020

図2 役員・日程の表

① 役員が出席する日程に会議名が出力される。

会議・日程の表は、以下の図3のようである。

図3 会議・日程の表

① 「経営会議 AM1, 日程 1 午前 1」の 99 は経営会議 AM1 が日程 1 午前 1 に調整が必要だが開ける

② 「経営会議 AM2, 日程 1 午前 2」の 1 は経営会議 AM2 が日程 1 午前 1 に開けるを表す。

役員・日程の表は、以下の図4のようである。

① 「会長, 日程 1 午前 1」の 99 は会長が日程 1 午前 1 は調整をして出席する

② 「会長, 日程 1 午前 2」の 1 は会長が日程 1 午前 2 は調整せずに出席するを表す。