

移動を伴うスタッフスケジューリング

野原 啓助¹田中 勇真²沓水 佑樹³池上 敦子⁴¹ 成蹊大学² 成蹊大学³ 株式会社 リクルートジョブズ⁴ 成蹊大学

1 はじめに

スタッフスケジューリングとは、一定期間におけるスタッフの勤務表を作成する問題である。本研究では、客先でサービスを提供する業種を対象とし、スタッフの移動時間を考慮する必要のあるスタッフスケジューリングを扱う。勤務表を作成するには、一般のスタッフスケジューリングと同様にサービスの質やスタッフの労働負荷などを考慮する必要がある [1]。現場ではサービス数、スタッフ数ともに大きい場合が多く、勤務表作成に時間と労力が費やされているという。

本研究の目的は、移動を伴うスタッフスケジューリングのモデルを提案し、勤務表作成の自動化に活かすことである。そして、提案したモデルが有効であるかどうかを検討するために、現実のデータに対して勤務表を作成し評価を行う。

2 問題説明

本研究では対象問題例としてグリーンスタッフサービスの勤務表作成を扱う。グリーンスタッフサービスとは、ビルや商業施設、学校などにスタッフを派遣し、屋上や壁面の緑化、土壌改良などを行うサービスである。勤務を行う場所、決められた時間に必要人数のスタッフを派遣しなければならない。しかし、このサービスの需要が増えるにつれ勤務表作成が困難になってきており、顧客の数を増やしたくても不可能な状況も起きている。そのため、現場においては勤務表作成の自動化が切望されている。

勤務表を作成するにあたり、勤務表作成者が考慮している制約は以下のように整理できる。

サービス制約

1. 各サービスに必要な人数を確保する

スタッフ制約

1. 勤務可能な日時に勤務させる
2. 移動時間を考慮する
3. 対象期間の合計勤務量の上下限を守る

3 定式化

この問題を整数計画問題として定式化する。

まず、定式化に用いる記号について説明する。スタッフの集合を M 、サービスの集合を S 、日にちの集合を D 、サービス $s \in S$ を担当可能なスタッフの集合を $M_s \subseteq M$ 、スタッフ $i \in M$ が担当可能なサービスの集合を $S_i \subseteq S$ 、スタッフ i が両方を一緒に担当できないサービスのペア $(s_1, s_2), s_1, s_2 \in S_i$ の集合を P_i 、サービス s に必要な勤務人数を n_s 、サービス s の勤務時間量を h_s 、スタッフ i のできれば守りたい勤務時間量の下限 (希望下限) を l_i 、上限 (希望上限) を u_i 、必ず守らなければならない下限 (厳密下限) を l'_i 、上限 (厳密上限) を u'_i とする。そして、スタッフ i がサービス s を扱う場合は 1、そうでない場合は 0 となる意思決定変数を x_{is} 、サービス s の必要勤務人数に対する不足人数を表す変数を γ_s 、スタッフ i の勤務時間量の希望下限に対する不足分を表す変数を α_i 、希望上限に対する過剰分を表す変数を β_i とする。さらに、目的関数中の γ_s に対するペナルティ係数を W_s 、 α_i に対するペナルティ係数を w_i^- 、 β_i に対するペナルティ係数を w_i^+ と表すことにする。

定式化を以下に示す。

minimize

$$\sum_{s \in S} W_s \gamma_s + \sum_{i \in M} w_i^- \alpha_i + \sum_{i \in M} w_i^+ \beta_i \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{i \in M_s} x_{is} + \gamma_s = n_s \quad (s \in S) \quad (2)$$

$$x_{is_1} + x_{is_2} \leq 1 \quad (i \in M, (s_1, s_2) \in P_i) \quad (3)$$

$$\sum_{s \in S_i} h_s x_{is} + \alpha_i \geq l_i \quad (i \in M) \quad (4)$$

$$\sum_{s \in S_i} h_s x_{is} - \beta_i \leq u_i \quad (i \in M) \quad (5)$$

$$x_{is} \in \{0, 1\} \quad (i \in M, s \in S_i) \quad (6)$$

$$0 \leq \alpha_i \leq l_i - l'_i \quad (i \in M) \quad (7)$$

$$0 \leq \beta_i \leq u'_i - u_i \quad (i \in M) \quad (8)$$

$$\gamma_s \geq 0 \quad (s \in S) \quad (9)$$

各式の意味は次の通りである。

Staff scheduling for visit service

¹Keisuke Nohara, Seikei University

²Yuma Tanaka, Seikei University

³Yuki Kutsumizu, Recruit Jobs Co.,Ltd.

⁴Atsuko Ikegami, Seikei University

- (1) カバーできないサービス (不足人数) を最小化することを最優先し (W_s を大きい値とし), その下で勤務量の上下限を違反する度合いを最小化する
- (2) 各サービスに必要な人数のスタッフを割り当てる
- (3) 1人のスタッフに一緒に担当できないサービスを同時に割り当てない
- (4) 各スタッフの勤務時間量の希望下限を守る
- (5) 各スタッフの勤務時間量の希望上限を守る
- (6) x_{is} は 0-1 意思決定変数
- (7) α_i は $l_i - l'_i$ 以下の非負変数
- (8) β_i は $u'_i - u_i$ 以下の非負変数
- (9) γ_s は非負変数

4 計算実験

都内のグリーンスタッフサービス企業のデータに対し、勤務表作成の提案モデルを用いて計算実験を行った。計算環境は Intel Xeon CPU Processor E5335 Quad Core 2.00GHz, メモリ 24G である。汎用ソルバーとして CPLEX12.5 を用いた。

スケジューリング対象期間は 30 日間、サービス数 668 (のべ必要人数 968 人), スタッフ数 67 である。勤務地の住所から経緯度を求め [2], 各勤務地間の直線距離を計算し、その距離に基づく移動時間を以下のように設定した。計算実験に利用した移動時間を表 1 に示す。

表 1: 直線距離に基づく移動時間の設定

距離 (km)	移動時間 (分)
0	0
~ 1 未満	15
1 以上 ~ 15 未満	30
15 以上 ~ 30 未満	60
30 以上 ~ 70 未満	90
70 以上 ~	120

これに対し、各スタッフの勤務時間量の厳密上限を 9600, 希望上限を 9600, 厳密下限を 0, 希望下限を 10 としたものを基本設定とし、その他に、厳密上限及び希望上限を変更した計算実験を 6 通り、勤務可能な勤務地を一定距離以内に制限を設けた計算実験を 7 通り行った。

5 実験結果

計算実験で得られた最適解において、サービス全体に対するのべ不足人数は 152 人となった。不足人数が存在する理由は、必要なサービス時間量に対して、スタッフが申請した勤務可能時間量が少ないためだと考えられる。一方実際の現場では、656 人分をスタッフの申請情報から割り当てて、残りの 312 人分は申請情報にはない時間帯にスタッフを割り当てることで勤務表を作成している。実験結果の不足人数を、申請情報にない時間帯に割り当てた人数であると捉えると、実験結果はその数を半分以下にすることができたといえる。申請にない時間帯にスタッフを割り当てる場合は、スタッフと管

理者間で調整する必要がある。そのため提案モデルは、勤務表を作成する負荷を軽減させる可能性が大きいと考えられる。また計算時間は 1.04 秒であり、少ない時間で質の良い解を得ることがわかった。

次に、厳密上限及び希望上限を変更してそれぞれ勤務表を作成する計算実験を行った。その結果を表 2 に示す。希望上限の列にある「個別」は、現場のデータを参考にしてスタッフ毎に異なる希望上限を設定したことを表す。さらに、より現場の勤務表に近くなるように、スタッフの所在地と勤務地の距離が設定範囲内になるように絞り込んで (すなわち M_s 及び S_i を変更し), 計算実験を行った。その結果を表 3 に示す。勤務範囲を 10km に設定した場合では、70km に設定した場合と比べ不足人数が 2 倍以上になった。

表 2: 勤務時間量の希望上限と厳密上限に対する計算時間と不足人数

問題例	希望上限 (分)	厳密上限 (分)	計算時間 (秒)	不足人数 (人)
基本設定	9600	9600	1.04	152
1	7200	9600	0.96	152
2	4800	9600	1.42	152
3	7200	7200	1.08	152
4	6000	6000	1.82	152
5	4800	4800	429.58	162
6	個別	9600	1.21	152

表 3: 勤務範囲の上限に対する計算時間と不足人数

問題例	勤務範囲の上限 (km)	計算時間 (秒)	不足人数 (人)
7	70	0.98	153
8	60	1.00	153
9	50	1.03	156
10	40	0.96	172
11	30	0.87	185
12	20	0.73	221
13	10	0.57	388

6 おわりに

本研究では、移動を伴うスタッフスケジューリングのモデルを提案した。そして、提案したモデルが有効であるのかを検討するためにグリーンスタッフサービスの実際のデータを利用して計算実験を行った。スケジュール対象期間が 30 日間であっても少ない時間で解を求められることがわかった。また、勤務範囲の上限を設定したり目的関数を変更することで、勤務地とスタッフの所在地の距離を考慮した勤務表作成が可能になった。

参考文献

- [1] 池上敦子, 宇野毅明, その他: 運用コストを重視した最適化-小規模な事業所で運用可能なシステムを考える-, オペレーションズ・リサーチ, Vol.57, pp.695-704, 2012
- [2] 東京大学空間情報科学研究センター, CSV アドレスマッチングサービス, <http://newspat.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode/>