

サービス業におけるシフトスケジューリングのための汎用モデル

徳永 拓真¹ 田中 勇真² 沓水 佑樹³ 池上 敦子⁴

¹ 成蹊大学理工学研究科理工学専攻 ² 成蹊大学理工学部情報科学科 ³ 株式会社 リクルートジョブズ

⁴ 成蹊大学理工学部情報科学科

1 はじめに

シフトスケジューリングとは、2週間や1ヶ月を対象に、どのスタッフをどの時間帯のどの業務に割り当てるのかを決定し、勤務表を作成する問題である。この問題については非常に多くの研究がなされている [1, 2]。しかし、特定の店舗や業種に特化したモデルを提案している場合が多く、汎用的なモデルを提案している研究は多くない。そこで本研究では、現場調査により得られた知見に基づき様々な業種に対応できる新たな汎用的なモデルを提案する。提案モデルに対して、実際の現場のデータを用いて計算実験を行い、適切な勤務表が得られるかどうかを評価する。

2 アンケート調査

異なる業種や店舗の勤務表間の共通部分と差異を把握するために、複数のサービス業の現場に対してアンケート調査を行った。その結果、各時間帯に必要な人員を確保する条件(シフト制約条件)の構造は多くのスタッフスケジューリングに共通なものであり、業種や店舗の違いによる特徴は、個々のスタッフの勤務形態に対する条件(スタッフ制約条件)、特に、1日における働き方(1日分のスケジュール)の違いにあることが明らかになった。そこで、本研究では、1日分のスケジュール作成を店舗や業種ごとに行い、各スタッフの1日分のスケジュールを組み合わせて勤務表を完成させるモデルを提案する。

3 定式化

定式化で用いる用語や記号を以下に説明する。

用語定義

タイムスロット

6時台, 7時台, ... のようにある日の勤務時間をいくつかの時間帯に区切ったスケジュールを構成する時間の最小単位である。時間の区切り方は1時間, 30分, 15分など店舗によって異なる。

個別単日スケジュール

あるスタッフのある1日における実行可能なスケジュールのこと。

本研究では、個別単日スケジュールをスタッフ毎に日数分列挙しておき、各スタッフの各日において高々1つ

の個別単日スケジュールを選択し、組み合わせるという定式化を考える。個別単日スケジュールを生成するルールは以下に示す定式化とは別に様々なものを設定することが可能である。

記号定義

スタッフの集合を M , 日にちの集合を D , $j \in D$ 日のタイムスロットの集合を H_j , 業務(例えば, レジ, キッチン)の集合を K とする。スタッフ $i \in M$ の $j \in D$ 日の個別単日スケジュールの集合を P_{ij} とし、各個別単日スケジュールは ρ_{ijphk} で表す(スタッフ $i \in M$ の $j \in D$ 日の個別単日スケジュール $p \in P_{ij}$ の時間帯 $h \in H_j$ が勤務 $k \in K$ であるとき 1, そうでなければ 0 で表す)。スタッフ $i \in M$ の $j \in D$ 日の個別単日スケジュール $p \in P_{ij}$ の勤務時間量を e_{ijp} , 業務 $k \in K$ で考慮すべきスキルの集合を $R_k = \{r | r \text{ は業務 } k \text{ に関するスキル}\}$, スタッフ $i \in M$ が業務 $k \in K$ のスキル $r \in R_k$ を持ち合わせていたら 1, そうでなければ 0 となる定数を δ_{ikr} とする。 $j \in D$ 日の時間帯 $h \in H_j$ の業務 $k \in K$ に必要なスキル $r \in R_k$ をもつスタッフの必要人数の下限と上限をそれぞれ a_{jhkr} , b_{jhkr} , スタッフ $i \in M$ の総勤務時間の下限と上限をそれぞれ l_i , u_i , そして, $j \in D$ 日に勤務できるスタッフ数の上限を c_j とする。スタッフ $i \in M$ の $j \in D$ 日に個別単日スケジュール $p \in P_{ij}$ を採用するとき 1, そうでないとき 0 となる意思決定変数を x_{ijp} とする。そして, $j \in D$ 日の時間帯 $h \in H_j$ の業務 $k \in K$ に対するスキル $r \in R_k$ をもつスタッフの必要人数の不足分と超過分を表す変数をそれぞれ $\alpha_{jhkr}^-, \alpha_{jhkr}^+$, スタッフ $i \in M$ の総勤務時間の不足分, 超過分を表す変数をそれぞれ β_i^-, β_i^+ とし, 変数 $\alpha_{jhkr}^-, \alpha_{jhkr}^+, \beta_i^-, \beta_i^+$ に対するペナルティコストをそれぞれ $w_{jhkr}^-, w_{jhkr}^+, w_i^-, w_i^+$ とする。以下に定式化を示す。

minimize

$$\sum_{j \in D} \sum_{h \in H_j} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R_k} (w_{jhkr}^- \alpha_{jhkr}^- + w_{jhkr}^+ \alpha_{jhkr}^+) + \sum_{i \in M} (w_i^- \beta_i^- + w_i^+ \beta_i^+) \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{p \in P_{ij}} x_{ijp} \leq 1 \quad i \in M, j \in D \quad (2)$$

$$a_{jhkr} - \alpha_{jhkr}^- \leq \sum_{i \in M} \sum_{p \in P_{ij}} \delta_{ikr} \rho_{ijphk} x_{ijp} \leq b_{jhkr} + \alpha_{jhkr}^+ \quad j \in D, h \in H_j, k \in K, r \in R_k \quad (3)$$

A Flexible Model for Shift Scheduling in Service Industries

¹ Takuma TOKUNAGA, Seikei University

² Yuma TANAKA, Seikei University

³ Yuki KUTSUMIZU, Recruit jobs Co.

⁴ Atsuko Ikegami, Seikei University

$$l_i - \beta_i^- \leq \sum_{j \in D} \sum_{p \in P_{ij}} e_{ijp} x_{ijp} \leq u_i + \beta_i^+ \quad i \in M \quad (4)$$

$$\sum_{i \in M} \sum_{p \in P_{ij}} x_{ijp} \leq c_j \quad j \in D \quad (5)$$

$$x_{ijp} = 0 \text{ or } 1 \quad i \in M, j \in D, p \in P_{ij} \quad (6)$$

$$\alpha_{jhkr}^-, \alpha_{jhkr}^+ \geq 0 \quad j \in D, h \in H_j, k \in K, r \in R_k \quad (7)$$

$$\beta_i^-, \beta_i^+ \geq 0 \quad i \in M \quad (8)$$

(1) 各日の各時間帯の各業務の各スキルをもつスタッフ数の過不足の加重和と、各スタッフの総勤務時間の過不足の加重和の和を最小化する

(2) スタッフ i の j 日の個別単日スケジュール集合 P_{ij} から選択される個別単日スケジュールは高々1つ

(3) j 日の時間帯 h に業務 k のスキル r を持つスタッフの必要人数の上下限を守る

(4) 各スタッフの総勤務時間の上下限を守る

(5) 各日の勤務スタッフ合計人数の上限を守る

(6) x_{ijp} は 0-1 意思決定変数

(7), (8) $\alpha_{jhkr}^-, \alpha_{jhkr}^+, \beta_i^-, \beta_i^+$ は非負変数

4 計算実験

提案した定式化に基づいて、ある菓子販売店と飲食店を対象にそれぞれの対象期間分の勤務表作成を行う計算実験を行った。

菓子販売店のデータ

店舗の営業時間は 6~24 時、タイムスロットの幅は 1 時間、スタッフ数は 36 人、期間は 15 日である。業務内容はキッチンとレジの 2 種で、スキルはそれぞれ 2 種類と 3 種類である。各スタッフの 1 日の勤務時間の下限と上限をそれぞれ 3 時間と 8 時間、総勤務時間の下限と上限をそれぞれ 29 時間と 42 時間、1 日に働くスタッフ数の上限を 10 人とした。各日の各時間帯の各業務の各スキルに必要な人数の詳細は省略する。スタッフの 1 日の勤務形態は連続した時間みの勤務(勤務開始と終了が 1 回だけ)とし、1 日に 1 つの業務しか行わない場合(実験 1)と 1 日に業務の切り替えを 1 回まで許す場合(実験 2)で計算実験を行った。

飲食店のデータ

店舗の営業時間は 14 時~24 時、タイムスロットの幅は 30 分、スタッフの数は 19 人、期間は 31 日である。業務内容は社員とホールとキッチンの 3 種で、スキルは各業務どれも 1 種類である。各スタッフの 1 日の勤務時間の下限と上限をそれぞれ 2 時間と 10 時間、総勤務時間の下限と上限をそれぞれ 10 時間と 180 時間、1 日に働くスタッフ数の上限を 9 人とした。各日の各時間帯の各業務の各スキルに必要な人数の詳細は省略する。スタッフの 1 日の勤務形態は実験 1 と同様に、連続した時間で、1 日に 1 つの業務しか行わないとして実験(実験 3)を行った。

ペナルティコストは、全て 1 と設定したもの(設定 A)と、各スタッフの総勤務時間に対するペナルティコスト (w_i^-, w_i^+) を 0、各日の各時間帯の各業務の各スキルを持つ必要人数に対する過不足に関するペナルティコスト (w_{jhkr}^-, w_{jhkr}^+) を 1 としたもの(設定 B)の 2 種類で計算実験をした。整数計画問題のソルバーは IBM CPLEX Ver.12.5.0.0、計算環境は Intel Xeon CPU Processor E5335 Quad Core 200GHz、メモリ 24G である。各実験の目的関数値と計算時間を表 1 に示す。

表 1: 実験結果

実験	ペナルティ	目的関数値	計算時間(sec)
実験 1	設定 A	322	2.70
	設定 B	21	0.70
実験 2	設定 A	322	4.78
	設定 B	21	2.13
実験 3	設定 A	56	1.51
	設定 B	19	0.61

各実験で最適解が求められた。キッチンの業務を行えるスタッフが少ないことから、一部不足が生じたりするなど、菓子販売店、飲食店が現場でそれぞれ問題になっている現象と同じ現象が発生したことを観測した。また、実験 1, 2 よりも実験 3 の計算時間が短いことが分かる。これは、菓子販売店と比べて、総勤務時間の下限と上限の幅が広いために違反の少ない解が見つかりやすいことが理由の一つとして考えられる。

5 まとめ

本研究では、サービス業におけるシフトスケジューリングを扱った。個別単日スケジュールをあらかじめ生成し、それらを組み合わせて勤務スケジュール表を作成する定式化を行った。この定式化は、様々な業種に対応できる汎用的モデルである。提案した定式化を用いて実際の現場のデータを対象に、計算実験を行ったところ、高速に勤務表作成をすることが出来た。今後の課題は、非正社員と正社員が混在する環境を考慮し、より現場に基づいた勤務表を作成する仕組みを構築することである。

参考文献

- [1] A.T. Ernst, H. Jiang, M. Krishnamoorthy, D. Sier, Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models, European Journal of Operational Research vol.153, pp. 3-27, 2004
- [2] A.T. Ernst, H. Jiang, M. Krishnamoorthy, B. Owens, D. Sier: Annotated Bibliography of Personnel Scheduling and Rostering, Annals of Operations Research vol.127, pp.21-144, 2004