

# マルチエージェントシミュレーションを用いた 代替出勤依頼モデルの提案

千坂 知也<sup>†</sup>北海道大学 大学院情報科学院<sup>†</sup>山下 倫央<sup>§</sup>北海道大学 大学院情報科学研究院<sup>§</sup>横山 想一郎<sup>‡</sup>北海道大学 大学院情報科学研究院<sup>‡</sup>川村 秀憲<sup>¶</sup>北海道大学 大学院情報科学研究院<sup>¶</sup>

## 1 はじめに

日本における非正規雇用の割合は増加しつつあり、特に第三次産業を主とする労働集約型産業で他産業に比べて高い [1]. 非正規雇用の選択理由の多くは「自分の都合の良い時間に働きたいから」というものであり [2], 欠勤が頻繁に発生している. このため、欠勤者の代替出勤者を確保し勤務予定を修正する作業が、管理者にとって大きな負担となっている.

本稿では、ナーススケジューリング問題 [3] の求解による勤務予定表を作成し、確率的に発生する欠勤に対し代替出勤依頼により勤務予定を修正するモデルを提案する. 提案モデルを用いたマルチエージェントシミュレーションにより、未充足率と代替出勤者の偏りを低減する代替出勤依頼手法を検討する.

## 2 関連研究

幡本らによるメッセージングアプリを利用した代替出勤依頼手法の開発 [4] においては、実世界のコールセンターにおける代替出勤依頼をモデル化し、候補従業員への依頼順と未充足率の関係をシミュレーションにより明らかとされた. 本稿ではこの研究を踏まえ、引受確率に基づく依頼順と最大依頼引受回数との関係性について考察し、依頼順と未充足率を比較した.

Proposal of a substitute worker request model using multi-agent simulation

<sup>†</sup> Tomoya Chisaka, Graduate School of Information Science and Technology Division, Hokkaido University

<sup>‡</sup> Soichiro Yokoyama, Faculty of Information Science and Technology Division, Hokkaido University

<sup>§</sup> Tomohisa Yamashita, Faculty of Information Science and Technology Division, Hokkaido University

<sup>¶</sup> Hidenori Kawamura, Faculty of Information Science and Technology Division, Hokkaido University

## 3 代替出勤依頼モデル

### 3.1 ナーススケジューリングによる勤務予定作成

対象の職場における従業員を  $m$  人、勤務予定の作成期間を  $n$  日、各日付における勤務時間帯を 3 つとして次の通り定義する. ここで、各従業員は休みを希望する日程を事前に提出するものとする.

$M = \{1, 2, \dots, m\}$ : 従業員の集合

$N = \{1, 2, \dots, n\}$ : 対象日の集合

$W = \{1, 2, 3\}$ : 勤務時間帯の集合

$A = \{(i, j), i \in M, j \in N \mid \text{従業員 } i \text{ の日 } j \text{ は休み希望}\}$   
: 休み希望が提出された従業員と日の組の集合

$a_k$ : 1 日当たりの時間帯  $k$  の最低勤務人数

$b_k$ : 1 日当たりの時間帯  $k$  の最高勤務人数

従業員  $i$  が日  $j$  の時間帯  $k$  に勤務するとき 1, 勤務しないとき 0 となる意思決定変数を  $x_{ijk}$  とする. 次の制約条件式をすべて満たす  $X = \{x_{ijk}, i \in M, j \in N, k \in W\}$  の一つを勤務予定とする.

$$\sum_{k \in W} x_{ijk} = 1 \quad i \in M, j \in N \quad (1)$$

$$a_k \leq \sum_{i \in M} x_{ijk} \leq b_k \quad j \in N, k \in W \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{k \in W} x_{ijk} \leq 11 \quad i \in M \quad (3)$$

$$\sum_{l=0}^4 \sum_{k \in W} x_{i-j+l-k} \leq 4 \quad i \in M, j \in N \setminus \{11, 12, 13, 14\} \quad (4)$$

$$\sum_{l=0}^3 x_{i-j+l-2} \leq 3 \quad i \in M, j \in N \setminus \{12, 13, 14\} \quad (5)$$

$$x_{ij2} + x_{i-j+1-0} \leq 1 \quad i \in M, j \in N \setminus \{14\} \quad (6)$$

$$x_{ijk} = 0 \quad i \in M, j \in N, k \in W, (i, j) \in A \quad (7)$$

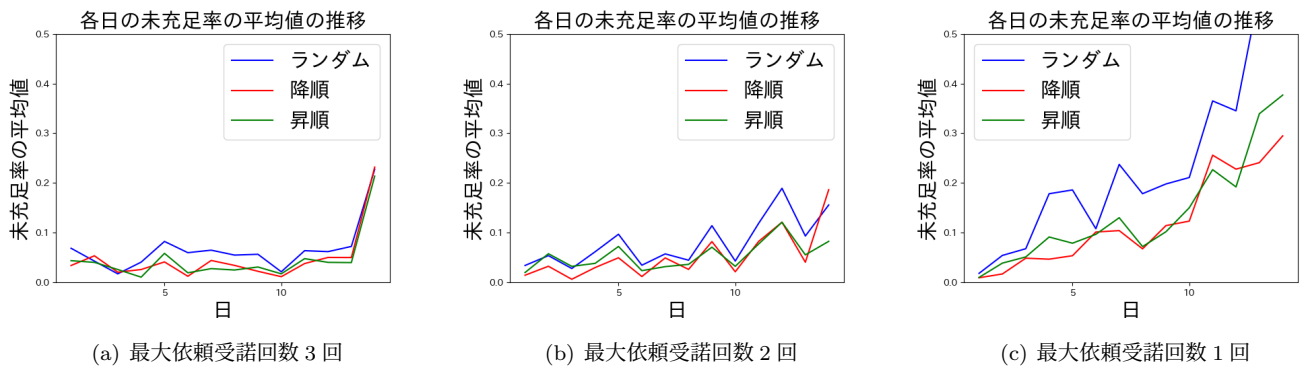


図1 500回のシミュレーションにおける各日付の平均未充足率

### 3.2 欠勤の発生および代替出勤の依頼

前節で作成された勤務予定に対し、初日から最終日まで1日ずつ欠勤の発生と代替出勤者確保の処理を行う。日付  $i$  において、 $x_{ijk} = 1 (j \in N, k \in W)$  を満たす  $j, k$  の組すべてに対し欠勤確率  $p$  により  $x_{ijk} = 0$  と更新することにより、欠勤を発生させる。時間帯  $k$  に対する代替出勤候補者は、 $\sum_{k \in W} x_{ijk} = 0$  を満たし、かつ代替出勤の受諾により節 3.1 の式 (3),(4),(5),(6) の制約に違反しない従業員である。

代替出勤候補者に対し、依頼対象者と依頼順序を決定し、1人ずつ順番に出勤を依頼する。依頼を受けた従業員は代替出勤の受諾の可否を回答する。依頼が受諾された際は  $x_{ijk} = 1$  に更新する。発生した欠勤と同じ数だけ受諾された場合はその時点で依頼を終了し、それ以外の場合は次の対象者へ代替出勤を依頼する。すべての依頼対象者から回答を得た時点で発生した欠勤と同数の受諾が得られない場合は、日付  $i$  の代替出勤は未充足とする。これを、日付  $i$  のすべての勤務時間帯に対して順番に行う。

## 4 実験

### 4.1 実験設定

従業員数を 30 人、対象期間を 14 日とし、節 3.1 における最低（最高）勤務人数  $a_k, b_k$  を、 $a_1 = 3, a_2 = 2, a_3 = 2, b_1 = 5, b_2 = 4, b_3 = 4$  とした。欠勤確率は  $p = 0.15$  とし、勤務時間帯ごとに、代替出勤の受諾確率が 0.50, 0.10, 0.01 となる従業員がそれぞれ全体の 60%, 30%, 20% を占めるよう乱数により決定し、すべての日付に対して同じ受諾確率を割り当てた。また、受諾確率は依頼を行う管理者にとり既知とする。

代替出勤の依頼対象者を決定する際に、特定の従

業員に偏ることを避けるため、従業員ごとの最大の代替出勤依頼受諾回数を 1, 2 もしくは 3 回として、依頼以前の受諾回数が最大回수에満たない候補者に絞ることとした。また、対象者への依頼順については、受諾確率の昇順・降順および、受諾確率によらず乱数により決定する 3 通りとし、全体で 9 通りの手法で 500 試行ずつシミュレーションを実施した。

### 4.2 実験結果

決定手法ごとの未充足率の推移を図 1 に示す。代替出勤の偏りを抑えるよう最大受諾回数を減少すると、特に対象期間の後半で未充足率が増加することがわかる。これは、最大受諾回数を超える従業員が増加し、代替出勤依頼が可能な従業員が減少するためと考えられる。また、代替出勤者の偏りを抑える手法の導入により充足率が悪化したといえる。

## 5 まとめ

本稿ではマルチエージェントシミュレーションを用いた代替出勤依頼モデルの提案を行った。実験より、依頼対象者および依頼順の決定手法と代替出勤の未充足率と偏りの関係を示した。

## 参考文献

- [1] 総務省統計局. 労働力調査（詳細集計）. 2022.
- [2] 総務省統計局. 労働力調査（詳細集計）. 2021.
- [3] 池上敦子. ナース・スケジューリング-問題把握とモデリング-.
- [4] 幡本昂平, 横山想一郎, 山下倫央, 川村秀憲. 代替従業員確保のためのメッセージングアプリを利用した効率的な依頼手法の開発. Vol. Vol. 60, No. No. 10, pp. pp. 1757–1768, 2019.