

# 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

幡本 昂平<sup>1,a)</sup> 横山 想一郎<sup>2</sup> 山下 倫央<sup>2</sup> 川村 秀憲<sup>2</sup>

受付日 2019年1月28日, 採録日 2019年7月3日

**概要:** 非正規労働者を主力とする事業所では欠勤が発生しやすく代替従業員確保業務の負担が大きい。シフト表修正の効率化が求められている。代替従業員確保の際には電話による依頼が行われ時間的、精神的負担が大きい。本研究では近年導入が進むメッセージングアプリの利用を想定した依頼回数、過剰人数に主眼をおく効率的な代替出勤依頼手法の開発を行う。検証環境として実データをもとにシミュレーション環境を作成し、手法導入による効果を検証する。検証実験により提案依頼手法は過剰確保を抑えながら依頼回数を低減するのに有効であることを示す。

**キーワード:** シフト表修正, 代替出勤依頼, マルチエージェントシミュレーション

## Development of Efficient Request Method Using Messaging App for Substitute Fulfillment

KOHEI HATAMOTO<sup>1,a)</sup> SOICHIRO YOKOYAMA<sup>2</sup> TOMOHISA YAMASHITA<sup>2</sup> HIDENORI KAWAMURA<sup>2</sup>

Received: January 28, 2019, Accepted: July 3, 2019

**Abstract:** An efficient shift schedule correction method is required in offices where there are a lot of part-time workers because their high absenteeism rate makes substitute worker securing heavy. A request is made by telephone when securing a substitute worker, which is burdensome temporally or mentally. This study develops efficient request method using messaging app focusing on the number of request and excess staffing. A simulation environment is created based on real-world data and used for examining the effects of adopting our method. Experiment results show that our request method is effective for reducing the number of request while curbing the rise in the number of excess staffing.

**Keywords:** rostering, substitute fulfillment, multi-agent simulation

### 1. はじめに

近年、非正規労働者が増加することにより [1], 雇用する企業は繁忙期や閑散期に合わせた柔軟な人材確保が可能になった。その一方で、非正規労働者には業務への強い拘束がないため、急なシフト変更の希望（欠勤、遅刻、早退）が多いという傾向もある。そのため、シフト管理の担当者にとっては、欠勤分を補填するシフト調整が重要な業務と

なっている。特に非正規労働者が多いコールセンターや小売業においては、シフト調整業務の負担が大きく、対応策の確立が望まれている。

シフトに関する業務は図 1 に表されるように、シフト表が確定する前に行われるシフト表作成とシフト表が確定した後に行われるシフト表修正の 2 種類に大別される。シフト表作成では、従業員の勤務希望や職種ごとの様々な勤務条件を考慮したシフト表が作られる。シフト表はスタッフスケジューリング技術を活用して自動作成することが可能である。一方、シフト表修正では、従業員の欠勤が発生して、特定の時間帯に配置すべき従業員数を満たすことができない場合に、できるだけ勤務条件を満たすようにシフト表が作り直される。

<sup>1</sup> 北海道大学大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science and Technology,  
Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido 060-0814, Japan

<sup>2</sup> 北海道大学大学院情報科学研究科  
Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido  
University, Sapporo, Hokkaido 060-0814, Japan

a) hatamotok@complex.ist.hokudai.ac.jp

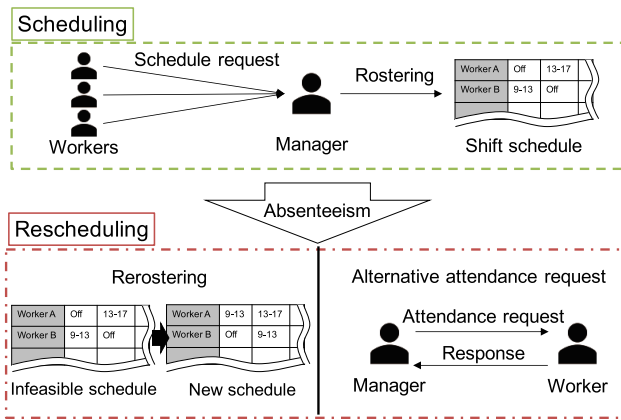


図 1 シフト表の作成および修正  
 Fig. 1 Work regarding shift schedule.

シフト表修正の方法としては、欠勤発生にともない全員のシフトを組み直す再スケジューリングと欠勤する従業員の代わりになる従業員を選んで出勤依頼をする代替出勤依頼の2種類がある。従来の研究では、全従業員のシフトの再スケジューリングを主眼として欠勤者発生時のシフト表修正の問題に取り組んできた。基礎となっているのはスタッフスケジューリングである。スタッフスケジューリングでは、従業員の総労働時間や勤務時間希望などを考慮して、できるだけコスト（総人件費・希望と配置の不一致）が小さくなるようなシフト表を作成する。欠勤発生時のシフト再作成にあたる再スケジューリングでは制約を満たしながらこのコストが小さくなるようにシフト表を修正する。こうした修正は看護師のような勤務予定に対して出勤することが厳格に決められた現場では欠勤者発生時のシフト調整業務を自動化するものとして有効である。

しかし、コールセンターや小売業といった多数の非正規労働者を管理する事業所では、全員が修正されたシフトを受け入れる可能性が低いため、代替出勤依頼が使われることが多い。代替出勤依頼では、最初に欠勤により空きが生じたシフトを担当可能なスキルを持ち、対象日に勤務予定のない従業員を代替依頼出勤の候補者として選定する。次に選定した候補者に勤務してもらうよう依頼をする。現状では、代替出勤依頼は従業員を統括する管理職によって遂行されることが多い。代替出勤依頼の問題点として、i) 代替出勤候補者の選定には、多くの従業員のなかから依頼を受けてくれそうな候補を探し出す難しさがあること、ii) 電話を用いた代替出勤の依頼が頻繁に行われているが、管理者が電話をかけたときに従業員が電話に出ないことがあり、依頼完了までに長時間かかってしまうという負担がある、iii) 代替出勤者を見つけられずシフトを埋められないかもしれないことに精神的負担を感じている、ということがあげられる。管理職がその能力を活かした業務に充てることのできる時間を奪ってしまっているため、企業の経済的損失は大きい。

近年では、管理者の作業負荷の大きい電話による代替出勤依頼を補助するために、メールやLINEなどのメッセージングアプリを用いて代替出勤依頼を行うシステムを導入する動きがある。メッセージングアプリを用いることで、管理者が代替出勤依頼の電話に出なかった従業員に再び電話をかけなおす手間や従業員が管理者からの電話に対応する手間を省くことが期待されている。ただし、メッセージングアプリの代替出勤依頼業務への適用事例は、利用者からのメッセージに応じた返信に対して用いたものが多く、能動的に連絡を行う際の連絡順などに関する知見は得られていない。

これらの理由から、本研究では今後普及が期待されるメッセージングアプリを用いた効率的な代替出勤依頼手法を検討する。本研究で想定するメッセージングアプリはテキストメッセージの非同期的な送受信機能と、選択肢の揭示および選択が容易に行える機能を合わせ持つものである。メッセージングアプリの非同期性により、電話で問題になる依頼時間の考慮が必要なくなる。また、電話と比べ配信の並列化が容易であることを利用した依頼にかかる時間の短縮も期待できる。効率化するためには、代替出勤依頼を受けてくれやすい従業員を発見し、最低限の依頼回数でシフトを充足することが重要になる。したがって、依頼を受けてくれそうな人を推定して依頼順を決定することで依頼回数の削減を行うことができる可能性がある。また、必要人数よりも多くの従業員に代替出勤依頼をすることで依頼回数を削減できる可能性もある。ただし、過剰に代替出勤者を確保をすると人件費がかかるという懸念や確保した従業員に勤務を割り当てないと次回以降の代替出勤依頼を受けなくなるという懸念がある。そのため、過剰確保を抑制しつつ、多くの従業員に代替出勤依頼をする手法を提案する。本研究では、実際のシフトデータに基づく従業員モデルを用いたシミュレーション環境を開発し、メッセージングアプリを用いた代替出勤依頼手法の効果の検証を行う。

シミュレーション手法としては、従業員ごとに異なっている希望するシフトの傾向や代替出勤依頼を受諾する傾向を反映することが容易なマルチエージェントシミュレーションを採用した。なお、シミュレーションにおいてメールとチャットベースのメッセージングアプリで大きくパラメータが異なると想定される項目に関しては、近年の若年層におけるソーシャルメディアの普及をふまえて、チャットベースのメッセージングアプリを想定したパラメータ設定を採用した。

本論文ではまず、2章で従来研究について概観し、3章では依頼手法の検証環境となるシミュレーションモデルについて説明する。4章では代替出勤依頼を行うための依頼方法について説明する。5章では4章で説明した依頼方法の検証のための実験内容とその結果について説明する。6章では本論文のまとめを行う。

## 2. 関連研究

本章では、本研究で扱う欠勤を補充するための効率的な代替出勤依頼手法の関連研究として、スタッフスケジューリング、再スケジューリング、アウトバウンド最適化を取り上げて、概説する。

### 2.1 スタッフスケジューリング

スタッフスケジューリングとは、どの従業員がどの業務をどの時間に担当するのかを定めるシフト表を作成することである。スタッフスケジューリングに関する研究は数十年にわたって広く行われてきた [2], [3]。このなかでも、病院の看護師のシフトを決定するナーススケジューリングは代表的なスタッフスケジューリングで、多くの研究が行われている [4]。ナーススケジューリングでは、看護師の勤務希望や病棟における看護師の必要人数などの多くの条件を満たすシフト表を作成する。

一般に、スタッフスケジューリングは混合整数計画問題として定式化される。スケジューリング問題は NP-hard であるので、効率的な解法に関する研究が行われてきた。数値計画を用いたもの [5] や遺伝的アルゴリズムを用いたもの [6] などがある。近年の数値計画ソルバの発展により規模が大きい問題に対しても現実的な時間で求解が可能になってきている。本研究で扱っているような非正規労働者へのシフト割当ての問題では従業員の希望を考慮する必要があり、最近になっていくつか研究が行われている [7], [8]。

#### 2.1.1 再スケジューリング

スタッフスケジューリングにはシフト決定後の欠勤などによる変更を扱う再スケジューリングがある。再スケジューリングでは欠勤が発生して実行不可能になったシフト表をすでに決まっている従業員配置をできるだけ維持しながら実行可能なシフト表へ修正する。実際の職場では、急病や家庭の事情による従業員の突然の欠勤はよく起きることであるが、このような状況に対応する再スケジューリングがスケジューリングの分野で扱われ、近年注目を集めている [9]。ナーススケジューリングの文脈でも欠勤時の再スケジューリングを扱う研究が行われている [10]。しかし、これらの従来研究においては、欠勤が発生した際に最小コストで勤務シフトを修正することを目的としており、本研究で扱う欠勤した従業員の代替を補充するための依頼業務は考慮されてこなかった。

### 2.2 アウトバウンド最適化

代替出勤依頼の関連研究としてはコールセンターにおけるアウトバウンド最適化がある。アウトバウンドはコールセンターから顧客に働きかけることを表し、顧客からコールセンターに電話をかけることを表すインバウンドと対になるものである。アウトバウンドの業務としては顧客への

セールスが代表的なものである。インバウンドの業務例としては、ヘルプデスクや商品購入の申し込み受付などがあげられる。従来研究はインバウンド最適化に関するものが多く、アウトバウンド最適化はあまり取り組まれていない。

アウトバウンド最適化に関する研究としてはクレジットカードの支払い滞納者への電話の成功率を向上させるため、滞納者が電話に出やすい時間帯を推定し滞納者本人に電話をかけることのできる割合が高くなるような時間帯に依頼を行うという研究 [11] がある。また、調査のために世帯にコンタクトをとりやすい時間帯を推定し、電話をかける優先順位を決めるという研究 [12] がある。これらの研究では電話に出やすい時間帯の推定に主眼をおいており、依頼を短時間でいうことやメッセージングアプリの利用を想定した依頼方法の検討は行われていない。

## 3. シミュレーションモデル

本章では、従業員モデルを用いたシミュレーション環境の説明を行う。このシミュレーション環境を用いてメッセージングアプリを用いた代替出勤依頼手法の効果を検証する。

シフト表修正とそれにとまなう代替出勤依頼のシミュレーションを実行するため、シフト表作成と代替出勤依頼を行う管理エージェントと管理エージェントが依頼を行う対象である従業員エージェントの行動についてモデル化を行う。代替出勤依頼手法の有効な検証結果を得るためには、現実の勤務状況を反映したシフト表と従業員エージェント集合が必要である。しかし、実データのみを用いた場合、収集可能なシフト表と従業員のデータは限られており、代替出勤依頼手法の有効性を示すのに十分な量のシフトや従業員のデータの確保は難しい。

そこで本研究では、現実のデータをもとに管理エージェントの行動であるシフト表の作成と代替出勤依頼のモデルと、これらにとまなう従業員エージェントの行動を表現するモデルを作成する。それらのモデルを用いたシミュレーション環境において代替出勤依頼手法の比較検討を行う。

シミュレーション環境における代替出勤依頼の概要を図 2 に示す。シミュレーション環境は大別して管理者エージェントによるシフト表作成と代替出勤依頼の 2 つからなる。シフト表作成では、あらかじめ定めた期間内のそれぞれの日について、どの時間帯に何人配置する必要があるかという情報に基づいて、管理者エージェントが従業員エージェントの勤務時間希望を受け取り、シフト表を作成する。

代替出勤依頼では、従業員エージェントからの欠勤の知らせを管理者エージェントが受け取り、シフト表に記載する。欠勤する人数に基づいて、管理者エージェントは依頼対象となる従業員エージェントを選定し、選定した従業員エージェントに代替出勤依頼を送る。代替出勤依頼を受け取った従業員エージェントは自分の予定や選好に基づいて、



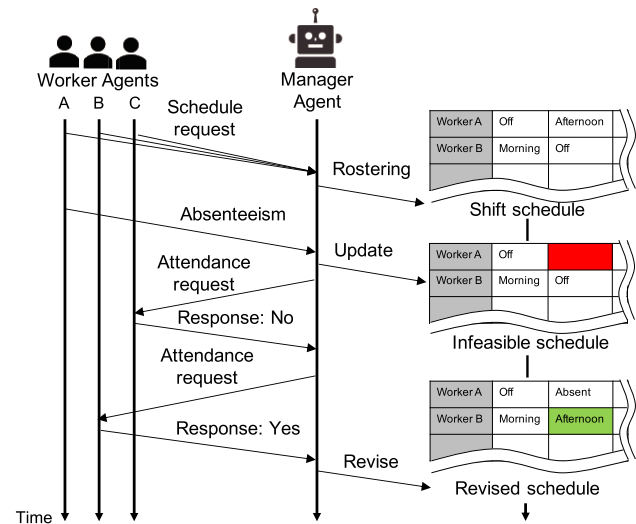


図 2 シミュレーション環境におけるシフト表作成と代替出勤依頼の流れ

Fig. 2 Flow of rostering and substitute fulfillment in simulation environment.

表 1 シフト表の記載例

Table 1 Example description of shift schedule.

Worker	Day 1	Day 2
Worker1	9:00-12:00	
Worker2		12:00-18:00

依頼を受けるか、断るかを決めて、管理者エージェントに回答する。欠勤人数分を補填する分の代替出勤が確保されると、管理者エージェントの代替出勤依頼が終了する。

以下では、シフト表作成と代替出勤依頼に必要な従業員エージェントと管理者エージェントの行動モデルについて説明する。各モデル作成においては、大規模コールセンター運営会社である株式会社 TMJ の実際のシフトを用いて現実に即したものになるよう調整を行った。

### 3.1 シフト表作成

本節では従業員エージェントの勤務日時を表すシフト表の形式とシフト表作成に必要な従業員エージェントの勤務時間希望を説明した後、シフト表作成に用いる条件とその作成法について示す。

#### 3.1.1 シフト表

勤務日時はある従業員エージェントが勤務する日と時間帯を表す情報である。勤務日時はシフト表として、各従業員エージェントについて表 1 のような形式で表される。表 1 は Worker1 と Worker2 のシフト表の一部であり、Worker1 が Day1 の 9 時から 12 時に勤務し、Worker2 が Day2 の 12 時から 18 時に勤務することを表している。これを 1 カ月分などある時間単位でまとめたものが全体のシフト表である。実際の業務では、業務案件ごとに複数のシフト表が存在する。案件を担当するにはその案件が要求す

表 2 勤務時間帯の表現

Table 2 Symbols for each time period.

Time period	Symbol
9:00-12:00	M
12:00-15:00	A
15:00-18:00	E
18:00-21:00	N

表 3 勤務時間帯の表現を用いたシフト表の記載例

Table 3 Example description of shift schedule with symbols for each time period.

Worker agent	Day 1	Day 2
Worker1	M	
Worker2		A-E

る業務スキルが求められるため、案件ごとに担当可能な従業員が異なり、スキルを保持していない従業員はその案件には配置されない。また、複数の業務スキルを有している従業員も現実には一定数存在し、担当可能な複数の業務に同時に従事している場合もある。本モデルではこのことを反映するため複数の案件を考える。

本シミュレーションではシフト表を単純化するため、実際の最小勤務時間に基づいて数時間をまとめて 1 つの勤務時間帯として扱う。表 1 のように現実のシフト表は 1 時間刻みなどで定められることが多いが、過剰に細かい刻み幅はシフト表作成の計算コストを増大させる。また、従業員の勤務時間希望に時間帯ごとと選好を付ける必要はあるが、依頼手法の比較検討には 1 日を数分割にして選好を付与すれば十分である。

実データから得られた最小の勤務時間は 3 時間程度で時間帯は 9:00 から 21:00 の間での勤務が大半であった。この分析結果を受けて、シフト表の時間帯の単位を 3 時間とし、9:00 から 21:00 を 3 時間ごとに 4 分割する。それぞれの時間帯には表 2 のように、M (Morning), A (Afternoon), E (Evening), N (Night) という記号を対応させる。

連続した勤務時間帯をこの記号を用いて表すと、たとえば、9:00-18:00 の勤務は M-A-E と記述することができる。また、勤務時間帯の表現を用いると表 1 のシフトは表 3 のように表すことができる。

#### 3.1.2 従業員エージェントの勤務時間希望モデル

シフト表は従業員エージェントの勤務時間希望を考慮して作成される。前項で定義したシフト表に対応する勤務時間希望は表 4 のようになっている。図中の Off はシフトが割り当てられていないことを表す。

従業員エージェントが管理者エージェントに提出した勤務時間希望をもとにシフト表が作成される。表の作成に必要な情報は、何日の、どの時間帯に勤務したいかということである。

実際のシフト表を分析した結果から、従業員は個人ごと

表 5 出勤時間帯パターン

Table 5 Pattern of time period when workers request for attendance.

Pattern	Ratio (%)	Ratio of attendance request time period (%)									
		M-A-E-N	M-A-E	A-E-N	M-A	A-E	E-N	M	A	E	N
MAE	22.2	0	87	3	3	1	0	5	0	0	1
AEN	14.8	1	4	86	0	0	3	0	1	0	5
MA	11.1	0	4	0	86	0	0	10	0	0	0
EN	5.6	1	4	5	3	0	76	2	0	0	9
Only A	9.3	0	7	0	7	0	0	85	0	0	1
Only N	27.8	0	4	0	0	0	0	2	0	0	94
Other	9.3	2	16	19	4	8	10	6	9	6	20

表 4 勤務時間希望の例

Table 4 Example of schedule request.

Worker agent	Request for day 1	Request for day 2
Worker1	M	Off
Worker2	Off	A-E

に出勤時間帯と出勤曜日に一定の傾向を持っており、特定の時間帯・曜日に出勤することが多いということが分かった。この事実を、各従業員が出勤曜日・出勤時間帯のパターンをそれぞれ保持しており、そのパターンに基づいて出勤日を決定しそれぞれの日に対して出勤時間帯を決めるという形でモデル化した。希望の出し方は現実におけるシフト作成のプロセスに従い、案件にかかわらず一定期間の勤務時間希望を出すという形をとった。以下では各パターンについて説明する。

出勤時間帯のパターンは表 5 の 7 種類である。各パターンは実際のシフト配置を k-means クラスタリングすることで得られたクラスタをもとに作成した。各パターンの比率・希望を出す時間帯の割合についてもその際得られた数値に基づいて作成している。曜日のパターンについても同様に k-means クラスタリングを行った結果をもとに作成した。いずれのパターンについても、クラスタリングを行う際、クラスタ数は徐々に増やしていき、その他のパターンが少なくなり解釈できるクラスタが数個できるようにしている。これはモデルの複雑化を抑えつつ、現実における従業員の傾向の多様性を表現することを目的としている。表 6, 表 7 にパラメータを示す。表 6 は出勤日数のパターンとして 4 週間内の曜日ごとの勤務希望日数を設定している。これらの 2 つのパターンは独立ではないので、表 7 に示す出勤時間帯パターンごとに出勤日数パターンをとる割合を変えることで実際のシフト表を反映している。

これらのパターンをもとに勤務時間希望を算出する。具体的には、曜日ごとに従業員エージェントが自分の出勤日数パターンで定義されている数だけ希望を出す日を選択し、それぞれの日について出勤時間帯パターンに基づいてどの時間帯に希望を出すかを決定するという処理を行っている。

表 6 勤務希望を出す日数

Table 6 Pattern of attendance days.

Pattern	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT	SUN
SUNOFF	2	3	3	3	3	4	0
LITTLE	1	1	1	1	1	1	1
SUNSAT	2	2	2	2	2	4	4
AVERAGE	3	2	2	2	2	2	1
WEEKDAY	2	3	3	3	3	0	0

表 7 各出勤時間帯パターン内での割合 (%)

Table 7 Rate of patten of attendance days in pattern of time period.

Pattern	MAE	AEN	MA	EN	Only M	Only N	Other
SUNOFF	22	15	12	19	12	13	8
LITTLE	12	26	28	35	42	5	36
SUNSAT	10	28	3	14	6	17	26
AVERAGE	13	16	2	21	3	10	20
WEEKDAY	43	15	55	11	37	10	10

### 3.1.3 シフト作成

現実におけるシフトは前述のシフト希望を満たし、期間内のそれぞれの日の必要人数を満たすように作成される。このような条件を満たしたシフトを作成するため、本研究では数理最適化を用いてシフトを作成する。この際、各案件のシフトは複数の案件を担当可能な従業員がいることから関係しており、同時に作成される。数理最適化を行うにあたり、本研究では以下のように拘束条件を設定した。

- (1) 従業員が希望していない勤務日にはできるだけ配置しない。
- (2) 各日各時間帯の必要人数に対し、配置人数の不足・余剰ができるだけ少ないようにする。
- (3) 7 連勤以上にならないようにする。
- (4) 従業員がある案件を担当するのに必要なスキルを保持している。
- (5) 1 日に複数の時間帯の勤務をしない。

今回設定した拘束条件は特定の業態に特化せず一般性を保つように、最低限の条件を考慮している。(1), (2) の条件については必要人数よりも希望人数が少なく、充足した

シフトを作成できない場合は、条件に対する違反を許容する。必要人数に満たない場合でもシフト表を作る必要があるため、この違反の許容は実際の現場でも行われている。

本研究では上記の条件を文献 [13] を参考に定式化し、汎用ソルバにより解を得る。以下に定式化の内容を示す。

minimize

$$1,000 \sum_{d \in D} \sum_{w \in W} \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} r_{dwt} x_{dwpt} + 10 \sum_{d \in D} \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} l_{dpt}$$

subject to

$$x_{dwpt} = \{1, 0\} \quad d \in D, w \in W, p \in P, t \in T$$

$$y_{dw} = \{1, 0\} \quad d \in D, w \in W$$

$$r_{dwt} = \{1, 0\} \quad d \in D, w \in W, p \in P$$

$$N_{dpt} \in \mathbb{N} \quad d \in D, w \in W, p \in P, t \in T$$

$$l_{dpt} \leq \sum_{w \in W} x_{dwpt} - R_{dpt} \quad d \in D, p \in P, t \in T$$

$$l_{dpt} \leq - \left( \sum_{w \in W} x_{dwpt} - R_{dpt} \right) \quad d \in D, p \in P, t \in T$$

$$\sum_{p \in P} x_{dwpt} \leq 1 \quad d \in D, w \in W, t \in T$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{p \in P} x_{dwpt} \leq 1 \quad d \in D, w \in W$$

$$y_{dw} = \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} x_{dwpt} \quad d \in D, w \in W$$

$$\sum_{d \in S} y_{dw} \leq 6 \quad w \in W, S \in D_7$$

これらの式において、 $P$  は案件の集合、 $T$  は時間帯の集合、 $W$  は従業員の集合、 $D$  は勤務日の集合、 $D_7$  は7連続となる勤務日の集合の集合族を表している。変数  $x_{dwpt}$  は従業員  $w$  が案件  $p$  の時間帯  $t$  の  $d$  日のシフトに割り当てられているかを表す2値変数、 $y_{dw}$  は、従業員  $w$  が  $d$  日のシフトに割り当てられているかを表す2値変数である。 $r_{dwt}$  は、従業員  $w$  が  $d$  日の時間帯  $t$  に勤務希望を出しているかを2値変数で表現する。 $R_{dpt}$  は、案件  $p$  での  $d$  日・時間帯  $t$  での必要人数を表す。 $l_{dpt}$  は、案件  $p$  の  $d$  日・時間帯  $t$  における必要人数と希望人数の差を表している。

計画問題を解くための汎用ソルバは数多く存在する。本研究では、商用利用かつ無料利用が可能なソルバである Cbc (Coin-or branch and cut) [14] を採用した。

### 3.2 代替出勤依頼

本節では欠勤や依頼の定義を定めてから、従業員エージェントの依頼回答と応答時間のモデルについて説明する。

#### 3.2.1 欠勤

欠勤はある従業員エージェントがシフト表で予定されていた時間帯に働くことができなくなるということとする。欠勤によって予定されていた出勤人数に対して不足人数が

発生するため、管理者エージェントが代替出勤依頼を行って、不足人数の補充する必要がある。また、欠勤による不足人数は時間帯ごとに設定される。たとえば、時間帯  $M$  (朝)、 $A$  (昼)、 $E$  (夕) に勤務予定であった従業員エージェントが欠勤することになった場合、不足人数は  $M$  に1人、 $A$  に1人、 $E$  に1人となる。管理者エージェントは各時間帯の必要人数を満たすようにの代替出勤依頼を行う。

#### 3.2.2 代替出勤依頼の形式

欠勤によって時間帯ごとに従業員の不足が生じるので、管理者エージェントは従業員エージェントに人数が不足している時間帯に代勤を依頼する。

代替出勤依頼の方法としては、管理者エージェントが従業員エージェントに人数が不足時間帯をすべて提示し、そのなかから従業員エージェントが代替出勤可能な時間帯を選ぶという方法と、事前に管理者エージェント側で従業員ごとに割り当てる時間帯を決めて、その時間帯で働くかどうかを尋ねるという方法の2種類が考えられる。

本研究では、株式会社 TMJ で利用が想定されているメッセージングアプリの仕様から、後者の方法を採用する。この方法では、従業員は Yes か No を選ぶだけなので回答しやすいというメリットがある。代替出勤依頼の詳細な設定については4章で説明する。

#### 3.2.3 従業員エージェントの依頼回答モデル

本研究で採用した代替出勤依頼の形式では、回答は受諾か拒否かの2通りになるので各従業員エージェントの依頼を受諾する確率を決定する方法を定めることで依頼回答をモデル化した。従業員の依頼回答のモデル作成は現実との乖離があると、シミュレーション上で有効である依頼手法を現実で適用した際に想定していた結果が得られないという問題を引き起こしてしまう。正確なモデルを作成するためには、実際の依頼回答に関するデータをもとにモデル化を行う必要がある。しかし、現時点では該当するデータは得られていなかったため、従業員ごとの依頼回答の傾向をある程度反映していると考えられる勤務シフトの情報を用いてモデル化を行った。

依頼の受諾しやすさが従業員ごとに異なるということを反映させるため、従業員エージェントごとに個人別の受諾しやすさを表す確率  $P_{personal}$  を設定する。 $P_{personal}$  は全従業員エージェントに対し  $[0, 1]$  の一様乱数を割り当てる。本研究におけるモデルでは、代替出勤を依頼された曜日ごと・出勤時間帯ごとに1人の従業員内でも受諾確率が異なるという仮定のもと、この確率  $P_{personal}$  を勤務シフトの情報をもとに変動させる。個人ごとに出勤しやすい曜日とそうでない曜日があることの反映として、4週間内での各曜日の出勤数に応じて確率  $P_{personal}$  を変動させる。出勤数ごとの変動幅  $v$  は表 8 のとおりである。勤務時間帯については実際のシフト表データでは勤務時間帯がいつも同じ時間帯であるという従業員が大半であった。この事実は



表 8 各曜日の出勤数による受諾確率の変動幅  
Table 8 Variation width in acceptance probability.

Number of attendance	variation $v$
0	-0.2
1	-0.1
2	0
3	0.1
4	0.2

3.1.2 項で説明した出勤希望パターンにも反映されていると考え、出勤希望パターンにおけるある時間帯の割合が中央値以上であれば1、それ以下であれば0.5、割合が0の場合は0となるような重み  $h$  をかける。以上より、最終的な受諾確率のモデルは受諾する確率が  $h(P_{personal} + v)$  であるベルヌーイ分布に従うものになる。

### 3.2.4 応答時間

本論文で行うシミュレーションでは、チャットベースのメッセージングアプリの利用を想定している。

メッセージングアプリを用いる場合には、従業員エージェントの返信までにかかる時間に従業員ごとのばらつきがある。そのため、応答があるかどうかは管理者エージェントが返信を待てる時間に依存する。

このことからメッセージングアプリでは返信までにどれだけの時間がかかるかの応答時間モデルが必要となる。応答時間のモデル化にあたって、実際のメッセージングアプリにおける応答時間の分布を知るために、試験的に運用していたメッセージングアプリを用いた代替出勤依頼システムの回答データを調査した。代替出勤依頼システムはLINEを用いてある時間帯に追加で出勤できるかを選択式で回答させるものとなっており、900件程度の利用があった。このうち返答時間の情報があつた140件程度のデータを用いた。その結果、ほとんどの従業員は管理者からの連絡に対して1分以内程度に返信を送っていたが、一部の従業員は返信を送るまでに数時間程度かかる場合があるということが判明した。この結果から、各従業員は90%の確率で平均5(分)の指数分布に従う応答時間を持つクラスに、10%の確率で[30, 120]の一様分布に従う応答時間を持つクラスに分かれるようにした。

### 3.3 モデルの妥当性

作成したシミュレーションモデルの妥当性について、作成されたシフト、応答時間、依頼回答を対象に現実のデータと合致しているかを検証した。完全な現実のデータが得られているわけではないので、可能な限りの検証を行っている。

シフトについては勤務時間希望モデル・数理最適化の条件について現実と合致するように設計を行った。シフト作成における当該案件の時間帯ごとの必要人数については、

実際のシフト配置人数を離散化した値を用いることで対応した。また、数理最適化の際の条件についてはできるだけ一般的に用いられるものだけを使用することで不自然なシフトができることを抑制した。得られたシフトに関しては後述するパラメータで検証を行い、その結果最適化後の目的関数が最大でも約1,500程度になったことから希望していないところへの従業員の配置はほとんど起こっておらず、現実と同じように従業員の希望を優先したシフトが作られていることを確認した。

応答時間は現実の応答時間の分布をもとにモデル構築を行ったが、構築されたモデルの応答時間の分布は概形がほぼ同じであった。これらのことから、シフトと応答時間に関しては現実との大きな乖離はないといえる。

依頼回答については、本研究が実データ収集のための事前検証を目的としているため実データとの合致を見るのは困難である。検証のため、実際にコールセンターで管理業務に従事している方へインタビューを行ったところ違和感はないとの回答を得たため、作成したモデルは大きくは現実の事象との乖離していないと判断した。

## 4. 代替出勤依頼手法

3.2.2 項で設定したように、本シミュレーションでは代替出勤依頼は従業員に対して指定された時間帯に出勤できるかどうかを尋ねるといった形式を採用している。以下では本研究で取り扱う依頼手法について説明する。

メッセージングアプリの非同期性により、依頼時間は考慮する必要がない。また、電話と比べ依頼の並列化が容易であるため、複数人の確保が必要な場合に並列に依頼をすることで短い時間で依頼を完了することができる。そこで、本研究で提案する依頼手法では各時間帯の必要人数が与えられた際に依頼できる単位に時間帯を区切る方法を作成し、そのなかで依頼順や依頼人数を変えて並列依頼を行う。従業員に対してある時間帯に出勤できるかどうかを尋ねるためには入力として受け取った時間帯ごとの必要人数を個人に割当て可能な時間帯の束に分割する必要がある。割当て可能な時間帯の束への分割は各束ができるだけ長い時間帯になるように行う。M-A-E, A-E-N, M-A, A-E, E-N, M, A, E, Nの順に必要な人数のなかから1人で担当可能な範囲として取り出せないかを繰り返し調べることで分割を行う。

例として時間帯ごとの必要人数が  $[M, A, E, N] = [2, 2, 2, 2]$  の場合を考える。まずM-A-Eを1人で担当させることができるので、必要人数から  $[1, 1, 1, 0]$  を取り除く。すると残りの必要人数は  $[1, 1, 1, 2]$  となる。さらにM-A-Eを表す  $[1, 1, 1, 0]$  を再度残りの必要人数から取り除くことができるので、M-A-Eという割当てをもう1度行う。このとき夜のみを1人に担当させる以外の割当ては不可能なので  $[0, 0, 0, 1]$  を取り除く。すると残りの必要人数は  $[0, 0, 0, 2]$

となる。この残りの人数に対しては時間帯  $N$  を 2 人に割り当てることしかできない。したがって時間帯の分割は朝昼夕:2人、夜:2人となる。こうして定まった割当てごとの必要人数に対してどの従業員に依頼を行うかを決定する。依頼対象となる従業員を決定した後はメッセージングアプリの容易に並列化できるという性質を利用し、決定した従業員に対しいっせいに依頼を行う。依頼時間に関してはメッセージングアプリの非同期性から電話ほど依頼の成否に重要ではないため、本研究では考慮しない。

本研究では時間帯ごとの依頼対象従業員の決め方について、従業員の過剰確保を許す場合と許さない場合の 2 通りを考える。2つの場合を扱う理由は、人件費が増加してしまうことや従業員の依頼受諾を再度断ることが望ましくないという観点から過剰確保は行わない方が良いが、多少の過剰確保を許してもできるだけ早く従業員を集めたい場合もあることが考えられるからである。できるだけ早く従業員を集めたいのは出勤当日の朝になって欠勤が判明し、昼までに従業員を確保しなければいけないというような場合である。以下ではそれぞれの場合で考えられる従業員の選択手法について説明する。

#### 4.1 過剰確保を許さない場合

##### 4.1.1 ランダム

この依頼方法では管理者エージェントが各時間帯に割り当てる従業員エージェントをランダムに決定する。ここで考慮するのは勤務シフト配置のための最低限の制約の充足のみである。具体的には、勤務を依頼される日に入っているシフトがないことや、新しくシフト配置された場合 7 連勤にならないということを考慮する。

##### 4.1.2 確率推定

割当て時間帯における従業員ごとの受諾確率を推定し、その値が大きい順に従業員を選択する方法である。従業員の依頼受諾について無情報で依頼するランダムより依頼回数を減らすことができると考えられるが、確率の推定がどれだけ正確かによって依頼回数を減らすことができる幅が大きく変わると考えられる。後述する実験でこの確率を変えて受諾確率推定の正確度と依頼回数低減効果の関係をみる。

#### 4.2 過剰確保を許す場合

##### 4.2.1 固定人数選択

過剰確保の可能性を許して、その 1 人が依頼を受けてくれないことを見越して複数人に依頼する方法である。この方法では割り当てた時間帯の種類ごとに固定人数に依頼する。たとえば、割当て時間帯が朝昼夕に 3 人・朝昼に 1 人の場合は朝昼夕と朝昼の 2 つの時間帯にそれぞれ  $3+a$  人、 $1+a$  人に依頼する。

ここで  $a$  は固定人数であり、実験において  $a$  を変えた場合の過剰人数・依頼回数を比較する。

##### 4.2.2 適応的人数選択

受諾確率がある程度推定できている場合、複数人に依頼した際の期待受諾人数を求めることができる。この期待受諾人数が必要人数に近くなるように依頼を行えば、固定で依頼人数を決めるよりも適切な人数に対して依頼を行うことができると考えられる。この方法を適応的人数選択と呼ぶ。そこで本依頼方法では依頼人数を期待受諾人数  $+b$  のように設定してある時間帯について複数人に依頼する。 $b$  についても実験において  $b$  を変えた場合の過剰人数、依頼回数を比較する。

### 5. シミュレーション実験

本章では、前章で構築したシミュレーション環境を用いて、代替出勤依頼手法の効果を比較する。

#### 5.1 実験

##### 5.1.1 実験設定

1 案件の欠勤についての各依頼手法の効果を比較し、どのような状況において有用であるかを確認するための実験について説明する。実験ではシフト表作成モジュールを用いてシフト表を作成し、ある欠勤に対してそのシフト表で勤務が割り当てられていない人に依頼を行う。シフト表の作成に必要なパラメータはシフト表が表す期間、案件数、案件ごとの必要人数、従業員数、案件ごとの担当可能従業員数、従業員の希望である。従業員の希望については 3.1.2 項で記述したように従業員ごとに生成する。希望以外のパラメータは表 9 のようになっている。期間はシフト表の単位として一般的である 1 カ月を想定して設定した。扱いやすいようにすべての曜日が等回数発生する 4 週間を用いた。案件数は代替出勤依頼実験で 1 つの案件の欠勤を扱うことをふまえて、複数の案件にわたって従業員が配置されているという状況を表現できる最低数である 2 を採用した。各案件はそれぞれ project1, project2 と表現する。案件ごとの必要人数は、かかっている従業員数が多かった実際のシフト表を本研究における 4 分割の時間帯に合わせたものを採用している。従業員はここで採用した実際のシフト表の案件を担当可能な人数を参考に決定した。各案件を担当可能な従業員数の和が総従業員数を超過しているが、これは従業員の

表 9 シフト作成のためのパラメータ

Table 9 Parameters for rostering.

Parameter	Value
Term	4 weeks (28 days)
Number of projects	2
Number of workers	540
Number of workers who can be assigned for project 1	400
Number of workers who can be assigned for project 2	200



うち 60 人はいずれの案件も担当可能であるように設定したので重複して数えられているからである。これらの値を利用して 20 個の従業員集合とシフト表をそれぞれ作成した。

欠勤について project1 の各時間帯で必要人数が等しい  $[M, A, E, N] = [i, i, i, i]$  の場合について  $i$  を 1 から 10 まで変えて検証した。この欠勤パターンは収集した過去の欠勤時間帯のデータのなかで多く見られた時間帯の 1 つであり、多くの時間帯の種類に関して検証が可能かつ必要人数  $i$  の値を大きくしても代替出勤可能者が必要人数を上回ることから、提案手法の検証に適切であると考えられるため採用した。1 つのシフト表につき 28 日間すべての日で欠勤を発生させ、その平均値を比較する。応答待ち時間は 10 分に設定し、応答時間が 10 分以上であった場合は回答にかかわらず受諾できないものと見なす。

### 5.1.2 過剰確保を許さない場合の実験

本実験ではランダムに依頼する従業員を選択する場合と受諾確率の推定値が大きい順に従業員を選択する場合の 2 つの場合について依頼回数を比較する。ここで依頼回数は 4 章で述べた時間帯ごとの必要人数を 1 人に割当て可能なように分割し割当てを決め、依頼を行うという一連のプロセスを 1 回と数える。受諾確率の推定については真の受諾確率からのずれを変化させ、推定の正確さが依頼に与える影響をみる。真の受諾確率を平均とする正規分布からのサンプリングで確率の推定を表現する。正確さは分散  $\sigma$  を変化させることで与える。通常、正規分布からサンプリングを行う場合、確率が 0 未満または 1 を超えることがあるので  $[0, 1]$  の切断正規分布を用いた。切断正規分布を用いると最終的な分散が平均の値により変化するが、正確さの度合いを制御できればよく、異なる平均値において正確に分散が一致している必要はない。

### 5.1.3 過剰確保を許す場合の実験

過剰確保を許す場合、過剰人数を抑えつつ依頼回数を減らすことが重要となるので依頼回数と過剰人数の 2 つの指標を用いて比較を行う。依頼回数は前節で定義したものと同様である。過剰人数は各時間帯の必要人数よりも多く確保した人数の和として定義する。たとえば必要人数が  $[M, A, E, N] = [2, 2, 2, 2]$  のときに確保人数が  $[3, 3, 3, 2]$  の場合、過剰人数は 3 となる。

提案依頼手法の比較は確率推定の正確さと各手法におけるパラメータを変化させて実施する。固定人数の依頼方法については必要人数よりも何人多くの人に依頼するかを表す  $a$  の値を変化させ、受諾確率を利用した場合は期待受諾人数よりも何人多く依頼するかを表す  $b$  の値を変化させて値と各指標の関係を調べる。受諾確率の推定の正確さについては前項と同様に変化させ、その影響を調べる。

## 5.2 結果と考察

過剰確保を許さない場合の各手法における平均依頼回

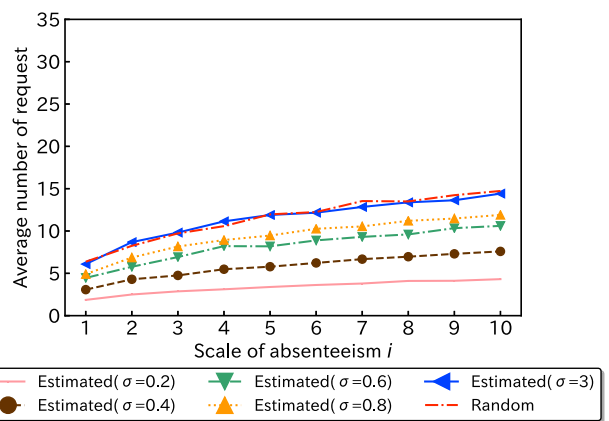


図 3 過剰を許さない場合の欠勤規模ごとの平均依頼回数

Fig. 3 Average number of request when not allowing excess.

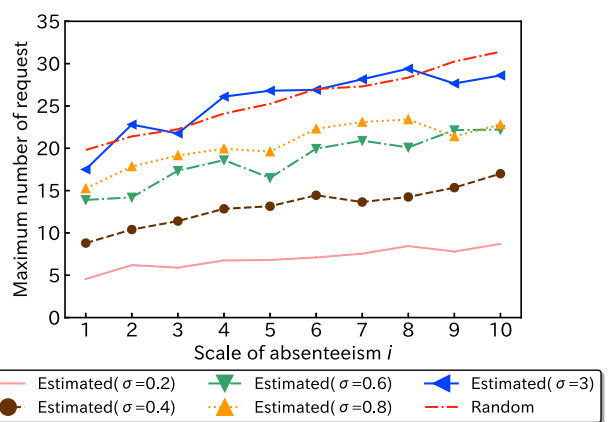


図 4 過剰を許さない場合の欠勤規模ごとの最大依頼回数

Fig. 4 Maximum number of request when not allowing excess.

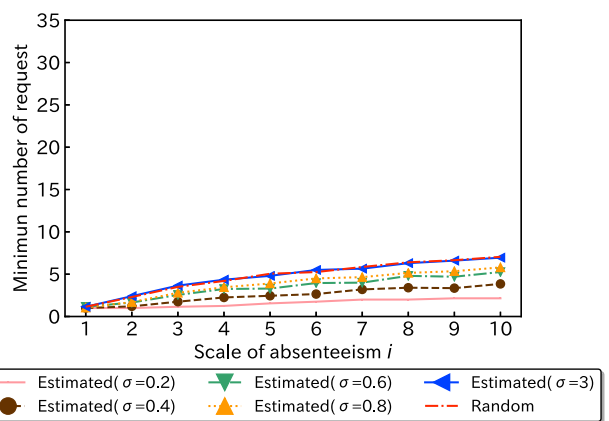


図 5 過剰を許さない場合の欠勤規模ごとの最小依頼回数

Fig. 5 Minimum number of request when not allowing excess.

数、最大依頼回数、最小依頼回数はそれぞれ図 3、図 4、図 5 のようになった。

図 3 より小さいほど推定が正確であることを表すパラメータである  $\sigma$  が小さいほど平均依頼回数が少ないことが分かる。図 4、図 5 より最大依頼回数、最小依頼回数についても同様の傾向であることが分かる。また、各手法で平均依頼回数が規模が大きくなるにつれて多くなっているの

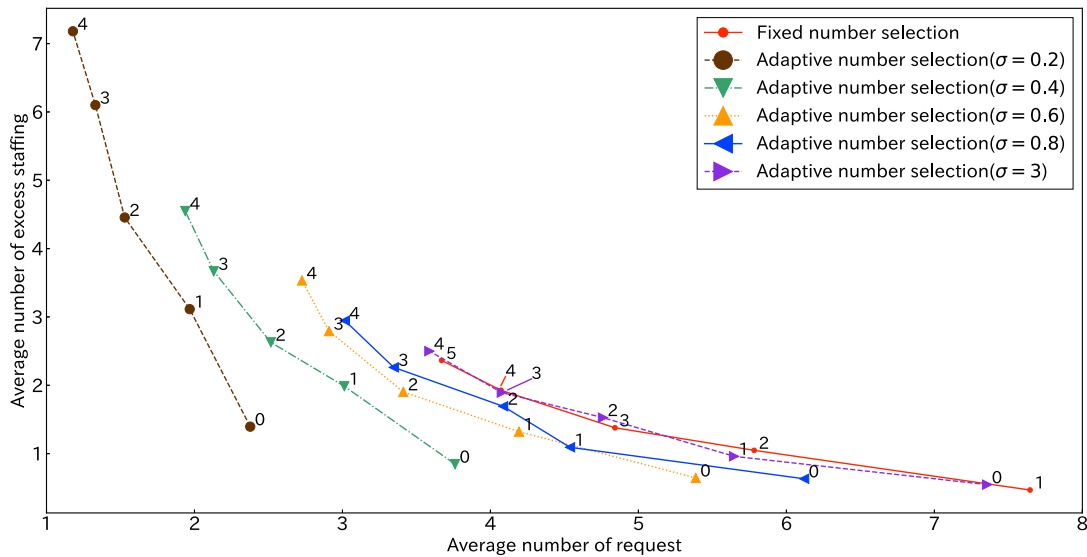


図 8 平均過剰人数と平均依頼回数との関係 (欠勤規模  $i = 5$ )

Fig. 8 Relationship between average number of request and excess staffing ( $i = 5$ ).

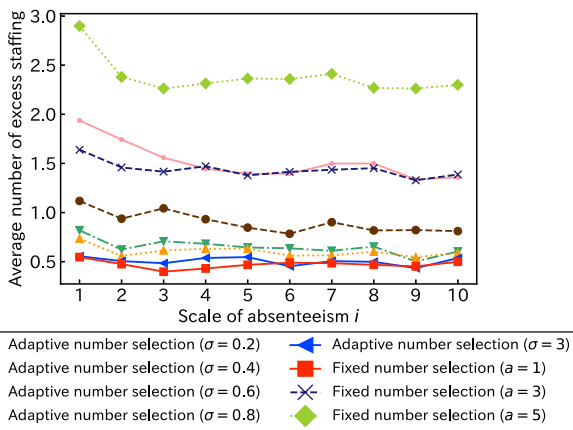


図 6 平均過剰人数

Fig. 6 Average number of excess staffing.

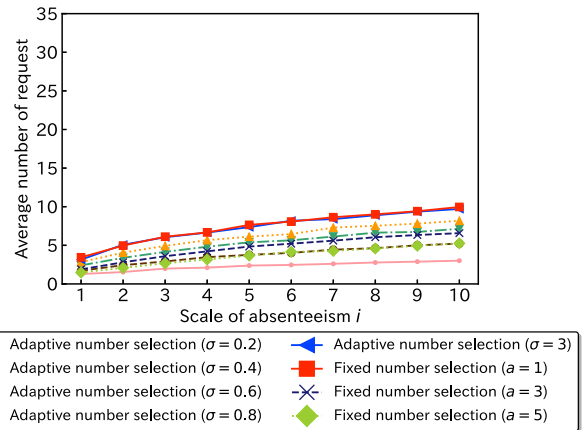


図 7 過剰を許した場合の平均依頼回数

Fig. 7 Average number of request when allowing excess staffing.

は、規模が小さい場合には受諾確率が高い人を中心に依頼できるということが起こりやすいが、規模が大きくなると依頼対象となる従業員がすべて受諾確率が高い人であるということが起こりにくくなるからである。確率推定手法では  $\sigma$  が小さい場合は前述の現象が発生しにくいので、欠勤の規模によらず平均依頼回数はほぼ一定であるが、推定値のずれを大きくしていくと次第にランダムに近づいていく。ほとんど推定が合っていない  $\sigma = 3$  の場合はランダムと同じ挙動を示すことが各図から分かる。

以上のことから、低精度であっても受諾確率推定を行うことができれば確率推定手法はランダム手法よりも平均依頼回数を低減できる手法であるといえる。欠勤の規模が大きい場合は平均依頼回数の差が大きくなるので、確率推定手法は規模が大きい場合に有効な手法である。

過剰を許した場合の各手法の平均依頼回数と平均過剰人数は図 6、図 7 のようになった。図 6 より、固定人数選択においては固定人数を増やすと線形に平均過剰人数が増加

することが分かる。また、固定人数が増加すると平均依頼回数が減少することが図 7 より分かる。一方、適応的人数選択については確率推定の精度が低下すると平均過剰人数が減少している。これは確率推定が正確なときは確率が高い人から順に依頼するので過剰な確保が発生しやすいが、正確でないときはランダムに近づくので過剰な確保が起こりにくくなるからである。適応的人数選択における平均依頼回数は確率推定の精度が悪化するにつれて増加する。

固定人数選択で固定の追加人数  $a$  を変えたとき、適応的人数選択でしきい値を決めるパラメータ  $b$  を変えたときの平均過剰人数と平均依頼回数の関係は図 8 のようになった。図中の数字は、適応的人数選択の場合はしきい値として期待依頼人数に何人加算したものを使うかを決める  $b$  の値、固定人数選択の場合は固定の追加人数  $a$  の値を表す。この結果から確率推定手法のほうが固定人数選択よりも優位であることが分かる。現実への適用を考慮すると、依頼

の受諾可否に関するデータが集まっていない適用初期段階では受諾確率推定の精度を確かめるのは難しいので固定人数選択を採用すべきである。これは適応的人数選択では推定精度によって過剰人数が変化しており、過剰人数の制御がとりにくいからである。

実用上の過剰人数の許容範囲は現場ごとに定まるので正しく制御できることが望ましい。ある程度データ収集が進み、確率推定の精度が上昇した際には適応的人数選択の方法を用いることで過剰人数をそれほど増やすことなくさらに依頼回数を減らすことができる。

ただし、本シミュレーションにおける各種パラメータは、業務の通常期のような代替出勤依頼を行った際に依頼を受諾することができる従業員が一定数存在する場合に適用可能な手法である。総従業員数に対する空き人数の割合が極端に低い繁忙期などでは、賃金を変動させるといった外的アプローチを組み合わせた依頼手法が必要である。

## 6. まとめ

本研究ではシフト表修正を行う際に大きな負担となる代替出勤依頼について、メッセージングアプリ上で実行可能である依頼手法を提案した。提案手法の効果を検証するため、シミュレーション環境を作成し、依頼回数、過剰人数の観点から依頼手法の比較を行った。

その結果、従業員エージェントの受諾確率の推定の正確さが低い場合でも従業員の受諾可否を推定し依頼することが依頼回数低減に対して効果があることが確認できた。また、過剰確保を許して依頼を行う場合には、さらに依頼回数を減らすことができることを示した。確率推定を行うためのデータの収集状況に応じて2つの手法を使い分ければ、過剰人数の発生を制御しながら依頼回数を減らすことができることが確認できた。

謝辞 本研究は株式会社 TMJ の皆様に情報の御提供、ならびに種々の御助言を賜りました。ここに深甚なる謝意を表します。

## 参考文献

- [1] 総務省統計局：労働力調査（詳細集計）平成 29 年（2017 年）7～9 月期平均（速報）結果（オンライン），入手先 <http://www.stat.go.jp/data/roudou/sokuhou/4hanki/dt/index.htm>（参照 2018-01-28）。
- [2] Van Den Bergh, J., Beliën, J., De Bruecker, P., Demeulemeester, E. and De Boeck, L.: Personnel scheduling: A literature review, *European Journal of Operational Research*, Vol.226, No.3, pp.367-385 (2013).
- [3] Ernst, A., Jiang, H., Krishnamoorthy, M. and Sier, D.: Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models, *European Journal of Operational Research*, Vol.153, No.1, pp.3-27 (2004).
- [4] Burke, E.K., De Causmaecker, P., Berghe, G.V. and Van Landeghem, H.: The state of the art of nurse rostering, *Journal of Scheduling*, Vol.7, No.6, pp.441-449 (2004).
- [5] Miller, H.E., Pierskalla, W.P. and Rath, G.J.: Nurse

Scheduling Using Mathematical Programming, *Operations Research*, Vol.24, No.5, pp.857-870 (1976).

- [6] Aickelin, U. and Dowsland, K.A.: An indirect Genetic Algorithm for a nurse-scheduling problem, *Computers & Operations Research*, Vol.31, No.5, pp.761-778 (2004).
- [7] 徳永拓真, 田中勇真, 小林隆文, 香水佑樹, 池上敦子: 非正社員を主力とするスタッフスケジューリングにおけるモデル化と支援システムの構築, 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), Vol.8, No.2, pp.57-65 (2015).
- [8] Xue, N., Landa-Silva, D., Triguero, I. and Figueredo, G.P.: A Genetic Algorithm With Composite Chromosome for Shift Assignment of Part-time Employees, *2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, pp.1-8 (2018).
- [9] Clark, A., Moule, P., Topping, A. and Serpell, M.: Rescheduling nursing shifts: Scoping the challenge and examining the potential of mathematical model based tools, *Journal of Nursing Management*, Vol.23, No.4, pp.411-420 (2013).
- [10] 北田 学, 森澤和子: 急な欠勤発生に伴う動的ナース・スケジューリング問題のヒューリスティック解法, 日本経営工学会論文誌, Vol.65, No.1, pp.29-38 (2014).
- [11] Bollapragada, S. and Nair, S.K.: Improving Right Party Contact Rates at Outbound Call Centers, *Production and Operations Management*, Vol.19, No.6, pp.769-779 (2010).
- [12] Wagner, J.: Adaptive Contact Strategies in Telephone and Face-to-Face Surveys, *Survey Research Methods*, Vol.7, No.1, pp.45-55 (2012).
- [13] 村山要司, 鈴木邦成, 若林敬造, 豊谷 純, 渡邊昭廣: パートタイム勤務におけるシフト管理に関する一考察, 日本大学生産工学部第 49 回学術講演会概要, pp.529-532 (2016).
- [14] COIN-OR Branch-and-Cut MIP Solver (online), available from (<https://projects.coin-or.org/Cbc>) (accessed 2018-10-10).



幡本 昂平（学生会員）

2018 年北海道大学工学部情報エレクトロニクス学科卒業。現在、同大学大学院情報科学研究科修士課程在学中。エージェントシミュレーション、シフト調整の効率化に関する研究に従事。



横山 想一郎（正会員）

2016 年 3 月北海道大学大学院情報科学研究科情報理工学専攻博士後期課程期間短縮修了。同年 4 月日本学術振興会特別研究員 (PD)。2017 年 2 月同大学助教となり現在に至る。スケジューリング、組合せ最適化、機械学習の研究に従事。人工知能学会等の会員。博士 (情報科学)。





山下 倫央 (正会員)

2002年北海道大学大学院工学研究科システム情報工学専攻博士後期課程修了。2003年まで日本学術振興会特別研究員(DC1)。2003年産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター特別研究員。2016年同所人工知能研究センター主任研究員。2017年より北海道大学大学院情報科学研究科准教授。社会システムシミュレーションの開発と社会実装に関する研究に従事。人工知能学会等の会員。博士(工学)。



川村 秀憲 (正会員)

2000年北海道大学大学院工学研究科システム情報工学専攻博士後期課程修了。同年同大学助手。2006年同准教授。2016年同教授となり現在に至る。人工知能, マルチエージェントシステム, 観光情報学等の研究に従事。人工知能学会, 電子情報通信学会, ロボット学会, 観光情報学会等の会員。博士(工学)。