

コンビニエンスストアにおけるスケジューリング計画の提案

日大生産工(非常勤) ○村山 要司 日大生産工 鈴木 邦成
日大生産工 若林 敬造 日大生産工(非常勤) 渡邊 昭廣

1 はじめに

近年、我が国におけるサービス産業の労働体系がフルタイム勤務中心からパートタイム中心にシフトしてきている。全労働力に占めるパートタイム勤務の割合は増加している。

しかしながらその一方で少子高齢化それに伴う生産年齢人口（15歳-64歳の総人口）の減少などにより、サービス業では、それまで現場を支えてきたアルバイト・パート人材の確保が難しくなっている。多くの企業はその対策として、シフトを細分化することにより、従来よりも勤務時間を短くし、時間の制約の問題で働きたくても働けない主婦層を取り込み始めている。¹⁾²⁾

そしてこうした状況のもとにより緻密なパートタイム管理が必要になっている。

そこで本研究ではパートタイム勤務者が中心であるコンビニエンスストアという職場を想定し、アルゴリズムや解法の見直し及び再構築を行う。

2 先行研究

スケジューリング問題についての研究は、1970年代にアメリカでナーススケジューリングの研究を中心に始まり、我が国では、1996年、勤務表作成の現状把握のために行った現場調査の結果とその結果に基づく数理計画モデル³⁾が示された。ただし、そのほとんどはフルタイム勤務を前提としている。

パートタイムについては、これまでフルタイムの補完的な勤務形態で最低の賃金で最小数の従業員を確保するかたちでシフトが構築されている。そのためパートタイム勤務者数を求めるだけのものも多い。勤務時間帯の設定方法を変えることにより時給が変わるなど、シフトの組み方がコストパフォーマンスに大きな影響を与えることになるパートタイム勤務のみのシフトスケジューリングとは想定や拘束条件が異なってくることになる。

実際、Srimathy Mohan⁴⁾は、フルタイムのスタッフのために開発された概念とアルゴリズムのほとんどはパートタイムのスタッフには適用されない、として、全体の労働力の最大75%がパートタイムのスタッフで構成されている現場を想定し、そのスタッフの個々の可用性を考慮した割り当てを行う整数計画モデルを提案した。このモデルは、パートタイムのスタッフの満足度を最大化することを目的としている。満足度は勤続年数とシフトの嗜好の組み合わせを使用して測定されている。

しかし、この手法も、なるべく多くの曜日、なるべく幅広い時間帯に対応できる人材を求めてしまうことになるため、「短時間勤務」におけるシフト管理については依然、課題を残すことになっている。

3 本研究における提案

従来のパートタイムとは異なり、働ける時間に制約のあるスタッフを活用することを本研究の目的とする。

シフトに応じるスタッフを求めるのではなく、タイムウィンドウ（勤務可能時間帯）制約付きスタッフをどのようにシフトに割り当てれば、各日・各時間帯のサービスレベル（必要人数、スタッフのスキル、ペア）を維持することができるかという問題を解く。

本研究では、タイムウィンドウ制約付きスタッフが中心であるコンビニエンスストアという職場を想定し、モデル化を行い、数値実験を行うこととする。

4 拘束条件

パートタイムの勤務シフトに合わせた制約条件及び拘束条件はフルタイム勤務者シフトの拘束条件とは異なる。

フルタイム勤務のスケジューリングのように「日勤」「夜勤」等のパターンでシフトを

A Suggestion of a Scheduling Plan in a Convenience Store

Yoji MURAYAMA, Kuninori SUZUKI, Keizou WAKABAYASHI
and Akihiro WATANABE

取り扱う方法では、時間単位のパートタイム勤務のシフトに対応することができない。スタッフ毎に、出勤時間、勤務時間の長さが異なり、シフトの取り得るパターンは膨大な数になるためである。

加えて、パート勤務の場合、労働負荷についてスタッフの勤務時間帯、総勤務時間の制限についても考慮する必要もある。健康への悪影響を避けるための労働条件だけでなく、個別の事情による勤務制限や出勤ペースなどを考慮しなくてはならない。

本問題では、拘束条件を以下のように定義した。

- (a) 各日 d 、各時間帯 h 、各グループ g 、各勤務シフト（勤務場所） b の最小人数 $c1_{dhgb}$ ・最大人数 $c2_{dhgb}$ を守る
- (b) スタッフ n が最大連続日数 $c3$ を超えて連続勤務することを禁止する
- (c) 勤務と勤務の間隔は、勤務シフト（勤務場所） b 毎に最大間隔 $c4$ を超えない
- (d) 禁止勤務パターン p を必要数 $k1$ だけ設け、それに違反しない
- (e) 対象期間内の出勤回数は、各時間帯 h 、各スタッフ n 、勤務シフト（勤務場所） b 毎の最小回数 $c5_{hnb}$ ・最大回数 $c6_{hnb}$ の範囲内
- (f) 対象期間内の土曜日に休む回数 Hst は、各スタッフ n の土休日の最小日数 $c7_n$ 以上
- (g) 対象期間内の日曜日・祭日に休む回数 Hst は、各スタッフ n の日・祭日休日の最小日数 $c8_n$ 以上
- (h) 各スタッフの希望勤務 $L^+_{dhn b}$ を考慮する

このうち、(a)は、「シフト拘束条件」で、サービスレベルを満足するための各シフトの勤務メンバー構成に関わる条件であり、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)、(g)、(h)は「スタッフ拘束条件」で、各スタッフの労働負荷、希望に関わる条件である。

先行研究³⁾では、(a)での必要なスタッフの人数や、(e)でのスタッフの出勤回数を緩和可能な制約とし、(a)や(e)の条件に違反するペナルティの総和を最小化することを目的関数とする場合が多い。

(a)、(e)のいずれの制約も、ペナルティを許せば、実際の運用では、シフト勤務表作成後に、部分的なスケジュールの調整が必要となり、なるべく幅広い時間帯に対応できる人材が求められ、タイムウィンドウ制約付きスタ

ッフを活用する、本問題の目的は果たせない。

本問題では、データ作成時に、(a)や(e)の条件違反をチェックし、解の探索前に過不足時間の調整を行い、各制約条件を絶対制約とすることで、制約のペナルティを考慮することなく、解の探索を行うこととし、目的関数は、対象期間の総人件費を最小とすることとした。

5 解法

5.1 提案手法

本研究では、混合整数線形計画問題（Mixed Integer Linear Programming : MILP）として定式化し、厳密解を求める。

スケジューリング問題のほとんどは、NP困難であり、規模が大きくなると、厳密解を現実的な時間で求めるのは困難である。そのため、厳密解法ではなく、遺伝的アルゴリズム（GA）やタブーサーチ（TS）、焼きなまし法（SA）といったヒューリスティクスによる近似解法が用いられることが多い。

そこで本研究では、人工蜂コロニー（Artificial Bee Colony）（以下、ABCと記す）アルゴリズム⁵⁾の考え方を組み入れることで、厳密解を実用的な時間で求めることを目指す。

ABCアルゴリズムは、蜜蜂の群れによる知的な採餌行動にヒントを得た、最適化アルゴリズムであり、複雑かつ多変数の最適化問題に対して有効であるとして近年欧米の研究者を中心に注目を集めている群知能の一種である。ABCアルゴリズムは、収穫蜂（Employed bees）、追従蜂（Onlooker bees）、偵察蜂（Scout bees）の3種類の人工蜂群の行動に基づいた3フェーズからなる。

本研究では、偵察蜂フェーズでいくつかの解候補を作成し、そこで割り当てられた勤務シフトのうち、特定の時間帯を固定とした上で、分枝限定法で問題を解くこととする。提案手法の概念図を図1に示す。

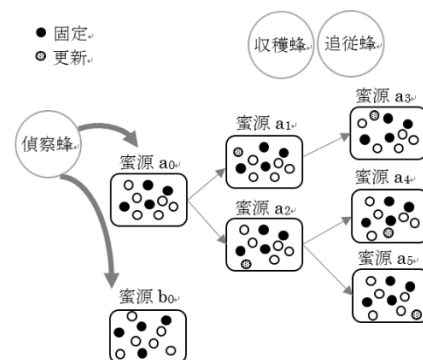


図1 提案手法の概念図

5.2 定式化

本研究では、混合整数線形計画問題（Mixed Integer Linear Programming : MILP）として定式化し、厳密解を求める。MILPを採用した理由は、記述性が高く、細かい拘束条件についての数式を用いてのモデル化に対応できることにある。

$$\text{minimize } \sum_{d \in D} \sum_{h \in H} \sum_{n \in N} \sum_{b \in B} x_{dhnb} M_{hnb} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{s \in S} x_{dhns} = 1, d \in D, h \in H, n \in N \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^{c3} y_{(d-i)n} \leq c3, d \in D, n \in Gp \quad (3)$$

$$y_{dn} - \sum_{h \in H} \sum_{b \in B} x_{dhnb} \leq 0, d \in D, n \in N \quad (4)$$

$$T y_{dn} - \sum_{h \in H} \sum_{b \in B} x_{dhnb} \geq 0, d \in D, n \in N \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^{c4} \sum_{h \in H} x_{(d-i)hnb} \geq 1, d \in D, n \in N, b \in B \quad (6)$$

$$\sum_{h \in H} x_{dhnp_{ih}} \leq T - 1, \\ d \in D, n \in N, i = 1, \dots, k1 \quad (7)$$

$$\sum_{n \in N_g} x_{dhnb} \geq c1_{dhgb}, \\ d \in D, h \in H, g \in G, b \in B \quad (8)$$

$$\sum_{n \in N_g} x_{dhnb} \leq c2_{dhgb}, \\ d \in D, h \in H, g \in G, b \in B \quad (9)$$

$$\sum_{d \in D} x_{dhnb} \geq c5_{hnb}, h \in H, n \in N, b \in B \quad (10)$$

$$\sum_{d \in D} x_{dhnb} \leq c6_{hnb}, h \in H, n \in N, b \in B \quad (11)$$

$$\sum_{d \in Hst} x_{dhn} \geq c7_n, n \in N \quad (12)$$

$$\sum_{d \in Hld} x_{dhn} \geq c8_n, n \in N \quad (13)$$

$$L^+_{dhnb} - x_{dhns} \leq 0, \\ d \in D, h \in H, n \in N, s \in S \quad (14)$$

$$x_{dTnb} - x_{(d+1)1nb} \leq 0, d \in D, n \in N, b \in B \quad (15)$$

$$x_{dhns} \in \{0, 1\}, d \in D, h \in H, n \in N, s \in S \quad (16)$$

$$y_{dn} \in \{0, 1\}, d \in D, n \in N \quad (17)$$

図2 MILPによる定式化

目的関数(1)式は、人件費の総和を最小化する。ここで、 D は対象期間の日の集合、 H は時間帯の集合、 N はスタッフの集合、 B はシフト(勤務場所)の集合、 S は B に休みを加えたシフトの集合である。変数 x は、各日 d 、各時間帯 h に、各スタッフ n について割り当てられた勤務が b の場合は1、そうでない場合は0となる2値整数変数である。 M_{hnb} は、各時間帯 h の各スタッフの勤務別の賃金である。

6 数値実験の結果及び考察

コンビニエンスストアは立地により、客層や混雑時間の集中、営業時間など様々な特徴がある。そのような店舗の特徴を考慮し、店長の経験や勘によって時間帯毎の必要人数が

決定される。

本研究では、午前中～昼に混雑する店舗を想定し、1日の時間帯を6つに分け、必要人数をそれぞれ設定した。各時間帯にスキルのあるスタッフが必ず1人以上は入る。

スタッフ数は28人とし、スキルのある経験1年以上のスタッフが12人、1年未満のスタッフは16人とした。すべてのスタッフは、パート・アルバイトであり、主婦など夜勤不可の日勤中心のスタッフと、学生など夜勤可で日中はあまり出勤できないスタッフを想定し、それぞれ、家庭の事情や、授業の履修の都合等により、「22時以降の時間帯は不可」、「月・水は出勤できない」など、勤務に制限を設けた。

各スタッフの時給は、スキルに応じて2種類設け、深夜時間帯は1.25倍とした。

1日の勤務時間は連続し、一度退勤してからの再出勤は夜勤が続く場合(時間帯1に出ていたスタッフが退勤後、時間帯6に出勤)のみとする。連続する時間帯は2つまでで、1日の勤務時間長は最大で8時間とする。夜勤の後の日勤やその逆は無い。

1週間に1度は必ず休みを入れるため、最大連続勤務日数6日とし、週1度は必ず出勤するよう最大間隔も6日とした。

対象期間は15日間とし、各スタッフの対象期間の出勤回数、土曜日に休む最小日数及び、日曜日・祭日に休む最小日数をそれぞれ設定した。日勤のスタッフは、土曜日・日曜日に休みたいと希望している人が多いため、それを反映した。

GLPK^⑥を用いて得られた目的関数値と計算時間を表1に、勤務表の一部を図3に示す。

表1 実験結果

実験		人件費 (円)	計算 時間 (sec)
従来 モデル	GLPK単体	1,117,069	3358.6
	GLPK単体	1,044,270	—
本研究 モデル	提案 手法	1回目	1,047,682
		2回目	1,051,094
		3回目	1,054,506
		4回目	1,044,270

図3のグレーの部分は、各スタッフの出勤できない時間帯を表す。対象としたコンビニエンスストアの拘束条件を満たした最適解を得ることができる。

対象期間（15日間）での人件費の総和は、1,044,270円であり、従前の研究によるパートタイムを前提としないような拘束条件の設定では、1,117,069円となり、本研究の工夫により、従前型に比べ、7%のコスト削減が可能となることがわかった。

ちなみに従来のモデルでは目的関数にコストを入れないので、1,044,270円～1,193,450円の範囲のどの値になるかがわからない。

本研究のモデルで、GLPK単体で計算を行った場合、10時間以上経っても、解は得られなかった。表中のGLPK単体での人件費は、整数制約を取り除いた線形緩和の最適解である。従来モデルでも、1時間近くかかり、データによっては、現実的な時間で解くことができない可能性も高いと思われる。提案手法では、4回目で最適解を得ることができ、計算時間は1分前後であった。

	1				2				3				4				5				6				7				8			
日	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1																																
2																																
3																																
4																																
5																																
6																																
7																																
8																																
9																																
10																																
11																																
12																																
13																																
14																																
15																																
16																																
17																																
18																																
19																																
20																																
21																																
22																																
23																																
24																																
25																																
26																																
27																																
28																																
29																																
30																																
31																																

図3 勤務表結果
(出：出勤，－：休み)

実験からスタッフの勤務希望が反映され、さらに人件費の面では、最小のコストで人員配置が行えるように設定することが可能になり、労使双方にとってコスト面、精神面ともに満足度の高い結果が得られることが明らかになった。

7 まとめと今後の課題

本研究では、タイムウィンドウ制約付きスタッフが中心であるコンビニエンスストアを想定し、パートタイムの勤務における勤務時間帯、総勤務時間などパートタイム勤務特有の制限を考慮したモデル化を行った。

シフトスケジューリング問題は、規模が大

きくなると、厳密解を現実的な時間で求めるのは困難であるが、ABCアルゴリズムの考え方を取り入れることにより、通常の計算より高速に求めることができた。また拘束条件についてパートタイム勤務者に焦点を合わせて見直しと再構築を行った結果、勤務者の希望が十分に反映されるシフト構築を迅速かつ正確に行えることが明らかになった。さらに先行研究の多くで用いられたモデルに比べ、年間7%のコスト削減効果も期待できることがわかった。

本研究のモデル化では、他のパートタイムのスタッフを中心とした職場でも適用可能だと思われる制約を考えた。他の職場のデータを用いた汎用的な展開を念頭に数値実験を続けることとする。

「参考文献」

- 1) 厚生労働省(2012), “平成23年パートタイム労働者総合実態調査の概況”, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/koyou/keitai/11/>, (2012)
- 2) リクルートホールディングス, “2015年トレンド予測 アルバイト・パート領域”, http://www.recruit.jp/news_data/release/pdf/20141217_10.pdf, (2014)
- 3) 池上敦子, 丹羽明, 大倉元宏, “我が国におけるナース・スケジュールリング問題”, オペレーションズ・リサーチ：経営の科学, Vol.41, (1996) p. 436-442
- 4) Srimathy Mohan, “Scheduling part-time person-nel with availability restrictions and preferences to maximize employee satisfaction”, Mathematical and Computer Modelling, Vol.48, Issues 11-12, (2008) p.1806-1813
- 5) D. Karaboga and B. Basturk, “A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization:Artificial bee colony (ABC) algorithm”, J. Global Optimization, Vol.39, (2007) p. 459-471
- 6) GNU Project, GLPK, <http://www.gnu.org/software/glpk/glpk.html>