

# パートタイム勤務におけるシフト管理に関する一考察

日大生産工(非常勤) ○村山要司  
日大生産工 豊谷純

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

雇用形態の多様化, 増加する女性の社会進出などを受けて, パートタイムで働く労働者が増加しているが, その勤務時間帯, 総勤務時間などにはこれまでのシフトスケジューリング問題の定説では想定されていなかった制約が多い. 本研究は, そのような制限を考慮したシフト勤務について, 組合せ最適化問題として定式化し, シフトスケジューリング問題を解くものである.

シフトスケジューリング問題の代表的な問題としては, ナーススケジューリング問題があり, 実問題がモデル化され, ある程度複雑な条件でも良い解が求められる解法が提案されている.<sup>2), 3)</sup>しかし, パートタイムのスタッフが中心となる現場では, フルタイムで働くスタッフのシフトの考え方にはない特徴があり, そのまま適用することはできない.

スタッフが少数の職場では, 手作業でシフト勤務表を作成する場合, シフトをパターン化し, 当てはまらない場合のみ調整を行うことで, 作業軽減を図ることが考えられる. しかし, パートタイムのスタッフが中心となる現場では, 少数であっても, 出勤時間, 勤務時間が複数存在するため, フルタイムの現場より, 問題の規模は大きくなる. また, スタッフの流動性が高い現場では, シフトパターンそのものを作り直す頻度が高くなり, 負担を軽減することにならない.

そこで本研究では, パートタイム勤務が中心である小規模なパソコン教室が抱える問題を一例として想定し, モデル化を行い, 数値実験を行い, 厳密解を得る.

## 2 対象問題の概要

### 2.1 小規模組織におけるシフトスケジューリング問題の課題

従来のスケジューリング問題では従業員などがフルタイム勤務となっていることが前提となっていた. しかし, 雇用形態の多様化や女性の社会進出などの社会環境の変化でパートタイム勤

務についてのシフトスケジューリング問題の研究が必要となってきた.

そこで本稿では, パートタイム勤務のスタッフを中心となる場合のシフトスケジューリング問題についての考察を行う. 以上を踏まえ, 従前研究と本研究の相違点をまとめたものが表1である.

従来のスケジューリング問題に関する研究では, フルタイムの勤務が前提となっていた. すなわち日ごとに, 日勤, 夜勤などのシフトの, いずれかを割り当てている. しかしそうした従来の研究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. 出勤時間, 勤務時間の長さが異なるため, シフトについての拘束条件が異なってくるからである. 加えて, 従前の研究では扱われてこなかったが, 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するのである.

表1 従前研究と本研究の相違点

区分	勤務形態	勤務制約条件
ナーススケジューリング	日毎にシフトを割り当てる (フルタイム勤務が原則)	健康を考慮した条件
本研究	出勤時間, 勤務時間が可変 (パートタイム勤務が原則)	スタッフ個別の条件

### 2.2 パソコン教室におけるシフト管理

対象としたパソコン教室はスタッフが6名の小規模な職場である. フルタイム勤務の看護師の職場のような夜勤はない. 時間帯は, 昼休みを挟んで, 前半と後半に分かれる. 前半はさらに2つの時間帯に分かれる. 図1に示すように, 前半のみの勤務, 後半のみの勤務, 前半の2つ目

A Consideration on the Shift Management of Part-Timers  
Yoji MURAYAMA, Kuninori SUZUKI, Keizou WAKABAYASHI,  
Jun TOYOTANI and Akihiro WATANABE

の時間帯から後半までの勤務，終日の勤務の4種類のパターンがある。



図1 勤務パターン

スケジュールの対象期間は，1ヶ月単位であり，スタッフ6名全員が1ヶ月の総労働時間に制限がある．教室は，日曜・祭日は休みとなり，土曜は前半のみである．その他に，月に1度，平日を休みにする．その日はシフト作成前に決定する．

この日は出勤できない，この時間帯は不可など，スタッフの希望は守らなくてはならない．前半と後半では，スタッフの作業量に差があり，前半を手厚く2名体制としたい．

スタッフは，スキルが十分なインストラクター経験3年以上のベテランが3名，経験1年が3名．前半はスキルを持ったスタッフが必ず1人以上は勤務する．

### 3 拘束条件

ベンチマークサイト<sup>3)</sup>に掲載されているナーススケジュールリング問題のベンチマークIkegami-2Shiftをベースに本問題に合った制約を考えた．ベンチマークの制約は，1ヶ月をスケジュール期間とし，日勤，夜勤などの各シフトに適した人数とスキルレベルの看護師を割り当てるとともに，看護師の労働負荷を考慮したものである．

本問題の勤務パターンは，4種類であるが，日勤，夜勤などのいずれかしか選択できない勤務とは異なるため，ベンチマークのシフトの定義とは合わない．そこで，これらの勤務パターンをシフトとして取り扱うのではなく，1日という単位を分割したものとして考えることとする．

ベンチマークのシフト割当は，作業内容や複数店舗がある場合の勤務場所の割当に置き換えることができるが，本研究は，1つで十分である．

また，労働負荷について，本問題では，スタッフの勤務時間帯，総勤務時間に制限があり，ベンチマークで考慮している健康への悪影響を及ぼすような連続勤務などにはなり難い．その代わりに，スタッフの事情による個別の勤務制限や出勤ペースなどは十分に考慮する必要がある．

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) 月あたりの出勤回数は，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) 月あたりの土曜日 $Hs$ に休む回数は，各スタッフ $n$ の土休日の最小日数 $c7_n$ ，最大日数 $c8_n$ の範囲内

(g) 各スタッフの希望勤務 $L+$ を考慮する

このうち，(a)は，「シフト拘束条件」といい，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る．ここで使用しているグループは，ベテランを1人以上配置する，経験の浅い者同士を組ませない，などの条件を実現するためのものであり，スタッフは各グループに所属する．

(b)，(c)，(d)，(e)，(f)，(g)は「スタッフ拘束条件」といい，各スタッフの労働負荷，希望に関わる条件である．本来，連続勤務による健康への悪影響などを避けるための労働条件であるが，本問題では，出勤のペースや総労働時間の制限を設定するために用いる．

上記のすべての条件を満たし，費用を最小化する勤務表を作成することを目的とした．

## 4 解法

### 4.1 分岐限定法

シフトスケジュールリング問題では，解法として，GAやTS，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．しかし，シフトスケジュールリングのような公平性を重視しなければならない問題の場合，解が最適であることが非常に重要になるため，厳密解であることの意味は大きい．

厳密解法では，整数計画問題（Integer Programming: IP）や制約充足問題（Constraint Satisfaction Problem: CSP）などの標準問題の形に定式化して，汎用ソルバーを用いて解く．組合せ最適化問題に対する汎用ソルバーとしては，混合整数計画問題（Mixed Integer Programming: MIP）のソルバーが代表的であり，商用，非商用を含め多数のパッケージが存在する．

MIPソルバーで採用されている解法は，分枝限定法である．組合せ最適化問題は，解を全列挙すれば解けるが，それをするには膨大な計算時間がかかり，現実には不可能である．分枝限定法では，部分問題を生成（分枝操作），最適値の上界，下

界の情報を用いて、ある部分問題から最適解が得られないことが分ったら、その部分問題は無視（限定操作）する。上界、下界とは、まだ見つからない最適解の目的関数値が存在する領域の上限と下限のことである。分枝の進行は探索木によって表現できる。

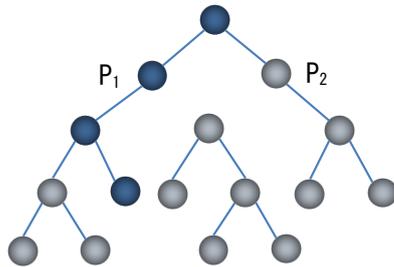


図2 探索木

#### 4.2 定式化

本問題では、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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\sum_{d \in Hs} x_{dhnt} \leq c8_n, n \in N \quad (13)$$

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

$$x_{dhns} \in \{0, 1\}, d \in D, h \in H, n \in N, s \in S \quad (15)$$

$$y_{dn} \in \{0, 1\}, d \in D, n \in N \quad (16)$$

図3 MILPによる定式化

ここで、 $D$ は対象期間の日の集合、 $N$ はスタッフの集合、 $B$ はシフト(勤務場所)の集合、 $H$ は時間帯の集合、 $S$ は $B$ に休みを加えたシフトの集合、定数 $T$ は1日の時間帯の数である。

## 5 数値実験

MILPを解くための汎用的なソルバーは商用、非商用を含め多数のパッケージが存在する。実験では、非商用（GNU GPL ライセンス）のGLPK[4]を用いた。GLPKでは、モデルとデータを分離することができるため、汎用性の高いモデル化に対応し、データやパラメータを変えることで、別環境のパートタイム勤務の職場でも活用することができると思われる。

対象期間は2016年10月とし、必要人数を表2のように設定した。人件費は表3に示す各スタッフの時給より計算した。

表2 必要人数  
(上段:最小人数,下段:最大人数)

	全て	3年 以上	1年 以上
日曜・ 祭日(10/10)	0	0	0
土曜 午後	0	0	0
月1の休み (10/19)	0	0	0
土曜 午前	1	1	0
上記を除く午前	2	1	0
上記を除く午後	1	0	0
	1	1	1

表3 スタッフ表

No.	経験	時給(円)
1	3年以上	1800
2	3年以上	1600
3	3年以上	1600
4	1年以上	1100
5	1年以上	1000
6	1年以上	910

最大連続日数、最大間隔はそれぞれ3日、4日とした。各スタッフの月あたりの出勤回数は、表4のように設定した。月あたりの土曜日に休む回数は、表5のように設定し、最小・最大日数は同じ値とした。各スタッフの希望勤務は、表6のように設定した。

得られた結果を表7に示す。対象としたパソコン教室の拘束条件を満たした厳密解を得ることができ、総人件費は、316,840円であった。

また、火・水・金における午前2の必要人数を減らして、午後と同じ条件とし、その時間帯の各スタッフの最小日数を0にして計算したところ、総人件費を7%削減できることが分かった。大き

な効果が得られなかった理由としては、単価の高いベテランは、午前中は必ず入らなくてはならず、最初の計算でも、その数が最小となるように配置されていたためと考えられる。

表4 月あたりの出勤回数  
(最小 - 最大)

スタッフNo.	午前1	午前2	午後
1	6 - 12	6 - 12	6 - 8
2	6 - 12	6 - 12	3 - 6
3	6 - 12	6 - 12	3 - 6
4	6 - 12	6 - 12	1 - 4
5	6 - 12	6 - 12	0 - 2
6	6 - 12	6 - 12	0 - 2

表5 土曜日に休む回数

スタッフ No.	日数
1	1
2	4
3	5
4	5
5	5
6	5

表6 希望勤務

スタッフ No.	希望
1	月・水：午前休，火・木・金：終日休（但し，4，21，24日は除く）
2	火：午後休
3	木：午後休
4	月・水・木：午後休
5	金：終日休
6	金：終日休

## 6 まとめと今後の課題

本研究では、女性インストラクターがスタッフの中心である小規模なパソコン教室が抱える問題を対象に、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い、厳密解を得た。

今回の実験では小規模のモデルであったが、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。このような問題に対してはGAやTS、SAといったヒューリスティクスによる近似解法がよく用いられてきた。近年、ミツバチの採餌行動をモデル化したビーコロニー最適化が高精度かつ効率的な探索アルゴリズムとして提案され、海外において注目を集めているが、シフ

トスケジュールリングの国内事例においては応用がない。今後、海外の先行例に工夫を加え、パートタイム勤務者に特化したシフトスケジュールリングに適用することを課題としたい。

表7 勤務表結果（出：出勤，-：休み）

	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
1	AM1AM2 PM						
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-

	2 Sun	3 Mon	4 Tue	5 Wed	6 Thu	7 Fri	8 Sat
1	AM1AM2 PM						
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-

	9 Sun	10 Mon	11 Tue	12 Wed	13 Thu	14 Fri	15 Sat
1	AM1AM2 PM						
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-

	16 Sun	17 Mon	18 Tue	19 Wed	20 Thu	21 Fri	22 Sat
1	AM1AM2 PM						
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-

	23 Sun	24 Mon	25 Tue	26 Wed	27 Thu	28 Fri	29 Sat
1	AM1AM2 PM						
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-

	30 Sun	31 Mon
1	AM1AM2 PM	AM1AM2 PM
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-
6	-	-

### 「参考文献」

- 1) 池上敦子，“ナーススケジュールリング-調査・モデル化・アルゴリズム-”，統計数理，第53巻 第2号，(2005) p.231-259.
- 2) 乾伸雄,池上敦子，“ナーススケジュールリング問題における混合整数線形計画問題と充足可能性判定問題による厳密解法の比較”，オペレーションズ・リサーチ：経営の科学，55，(2010) p.706-712.
- 3) University of Nottingham, Shift Scheduling Benchmark Instances, <http://www.cs.nott.ac.uk/~tec/NRP/>
- 4) GNU Project, GLPK, <http://www.gnu.org/software/glpk/glpk.html>