

スポーツ用品店におけるシフトスケジューリング問題

2008MI056 市原寛之 2008MI138 水野高幸

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

本研究では某スポーツ用品店のシフトスケジューリング問題について考える。対象となる店舗ではアルバイトとして30名が働いている。その大半は学生アルバイトとパートの主婦などであり、働ける時間帯が制限されている人が多い。そのため曜日や時間帯によっては人員の確保が難しく、作業の停滞や、接客をする人員の不足による売り上げの減少など、多くの問題が起きる。一番の問題点は、店舗のスケジューリング管理を1人の社員が担当し、シフト作成を手作業で行っている点である。そのため、担当者の負担が大きく、作成時間に余裕がなくなるので、店舗を効率よく運営するために必要な人員のシフトが組まれないことが多い。これらの問題を解決するために、アルバイトの作業負担を増やすことで対応している。ゆえに、アルバイトは少ない人員で多くの作業を行うことになり、不満が出ているのが現状である。

2 ナースケジューリング問題との比較

2.1 ナースケジューリング問題とは

シフトスケジューリング問題の代表的な例として「ナースケジューリング」[1]がある。この問題は目的関数を「達成目標との差」とし、守るべき条件が5つある。厳しい条件のみを制約条件として設定をし、残りの制約に適当な重みづけをし、目的関数に組み込んでいる。またシフトパターンは日勤、夜勤、準夜勤の3パターンである。

2.2 本研究との比較

ナースケジューリングではシフトが3パターンであるが本研究では45パターンある(シフト編成の方法は後で触れる)。また、この問題では個々のアルバイトのシフトの希望達成度と実際の達成度の差をとる。その差の最小化を図ることで、個々の実際の達成度を希望達成度に近づけることを目的とする。

3 問題の説明

3.1 概要

本研究では、この店舗で行われている14日間のシフト作成問題を線形計画問題として定式化し、最適化ソフトウェアを用いて解く。

3.2 実際の状況

ここでは、このスポーツ店ではどのようなシフトが編成されているかを説明する。現状では、慢性的な人員不足になっている。半月ごとのシフト作成で、人員不足の日が3日~5日ほど毎回出ている。このため、作業効率を考えたシフト編成ができなくなっている。勤続年数の長いアルバイトは、レジやテニス、野球、シーズンスポーツなどの加工等の特殊作業を担当することが多い。した

がって、通常作業と呼ばれる品出しや、商品整理、売り場作成などをするための人員が新人だけの構成になることが多く基本的作業の効率が悪くなっている。

3.3 現状の問題点

現在把握できている問題点は大きく分けて4つある。

1つ目は、アルバイトの大半が大学生のアルバイトと主婦のパートであるという点である。学生アルバイトは、学校の授業や部活動を優先してシフトの希望を出すため、人員の確保が難しい。主婦は平日の昼間のみの出勤希望という人が多く、土日祝日に出勤できない傾向がある。

2つ目は、作業能力の個人差があるという点である。学生のアルバイトは、最長でも大学1年から、4年までの4年間しか働けないため、覚えられる作業にも限界がある。すべての作業を担当できる学生アルバイトはごく一部のみである。そのため、アルバイトごとに作業能力の差が生まれ、作業効率の悪いアルバイトのみ仕事をすると、作業効率が極端に悪くなる。

3つ目は、シフトを社員の勤に頼っているという点である。アルバイトが出したシフト希望に対して、すべての希望日通りにシフトを組まれる人もいれば、半分以下しか反映されない人など、アルバイトの間でシフト希望に対する差が生まれる。そのため、他のアルバイトと兼任し働く人も多く、シフト希望の日数が減っているのも現状である。

4つ目にシフト作成にあまり時間がかけられないという点である。作成期間は10日間である。シフト作成は社員が店舗運営を優先し、その合間に1人で行うことが多い。またデータの作成などは既存のソフトがあるが、実際には手作業の部分が多く、効率的でない。

第3、第4の問題点は第1と第2問題とも関係しており問題をより深刻化している原因である。

3.4 重要な言葉の定義

この問題を解くにあたり、重要な言葉の次のように定義する。

シフト希望：アルバイトが提示したシフトの希望。

希望日数：シフト希望した日数の値。

達成度：実際に労働した日数を希望日数で割った値。

希望達成度：シフト希望に対して反映させてほしいと考えている割合。

特殊作業：レジ打ちやテニス、野球、シーズンスポーツにおける加工作業などの専門の知識を要する作業。

3.5 問題点から考えられる制約

以上の問題から考えられる制約は以下のとおりである。

1. 1日の人件費の上限がある。

2. 1時間毎の最低人員を確保する。

3. 各特殊作業ができる人は1時間に最低1人いる。
4. 勤続年数が3年以上の従業員を平日は1人、休日は2人入れる。
5. 連続勤務は5日間までとする。
6. 個々の希望達成度が満たされる。
7. 1日に入れるシフトパターンは1つまでである。

3.6 研究対象

本研究では、実際にアルバイトにアンケートを取った結果をもとに、対象となる店舗を参考とし、作成したデータを用いる。データの内容は表1、表2、表3、図1に示している。このデータをもとに14日間のシフトを作成する。

表1には個人データが表記されている。アルバイトの人数と、アルバイトごとの作業能力が記され、できる作業には1、できない作業には0という形で表記されている。そのほかには、それぞれの時給や、希望日数、達成すべき希望達成度が記されている。

表1 個人データ

個人データ	勤務年数	レジ	テニス	野球	シーズン	時給	希望日数	希望達成度
1	5~	1	1	1	1	1100	10	100%
2	5~	1	1	1	1	850	10	100%
3	5~	1	1	0	0	850	7	80%
4	4~5	1	1	1	1	840	6	90%
5	4~5	1	1	1	0	840	8	70%
6	4~5	1	0	0	0	840	8	70%
7	4~5	1	0	0	0	840	10	60%
8	3~4	1	1	0	0	830	6	90%
9	3~4	1	0	1	0	830	8	70%
10	3~4	1	0	0	1	830	6	90%
11	3~4	1	0	0	0	830	8	70%
12	3~4	0	0	0	0	830	8	70%
13	3~4	0	0	0	0	830	4	100%
14	3~4	0	0	0	0	830	4	100%
15	2~3	1	1	1	1	820	6	90%
16	2~3	1	1	0	1	820	4	100%
17	2~3	1	1	0	0	820	8	70%
18	2~3	1	0	0	0	820	6	90%
19	2~3	1	0	0	0	820	11	70%
20	2~3	0	0	0	0	820	6	90%
21	1~2	1	0	0	0	810	2	100%
22	1~2	1	0	0	0	810	7	70%
23	1~2	1	0	0	0	810	11	70%
24	1~2	1	0	0	0	810	4	100%
25	1~2	0	0	0	0	810	6	90%
26	1~2	0	0	0	0	810	5	90%
27	1~2	0	0	0	0	810	6	90%
28	0~1	0	0	0	0	800	8	70%
29	0~1	0	0	0	0	750	5	90%
30	0~1	0	0	0	0	800	6	90%

表2には、平日と土日祝日それぞれの人員数、レジスタッフ、テニス用品加工者の必要人員数が記されている。

表2 最低人員数

	9時~	10時~	11時~	12時~	13時~	14時~	15時~	16時~	17時~	18時~	19時~	20時~	21時~
人員数(平日)	4	4	4	5	6	6	6	6	6	5	4	4	4
人員数(土日祝)	5	5	5	6	8	8	8	8	8	6	6	6	6
レジスタッフ(平日)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
レジスタッフ(土日祝)	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
テニス加工(平日)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
テニス加工(土日祝)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表3は仕事開始時間と実労働時間の組み合わせで作られた、シフトパターンが書かれている。(9,12)とは9時

から12時まで働くシフトパターンを表す。実際の店舗では朝の9時から夜の21時までの間で、労働開始時刻に決まりはない。そこで本研究では、最も早い労働開始時刻を9時とし、その後1時間単位ごとに労働開始時間を作った。最も遅い労働開始時刻を18時とし、最低労働時間を3時間、最大労働時間を8時間と設定することで、本研究では45個のシフトパターンを設定した。

表3 シフトパターン表

開始時間	9時	10時	11時	12時	13時
3時間	1(9,12)	7(10,13)	13(11,14)	19(12,15)	25(13,16)
4時間	2(9,13)	8(10,14)	14(11,15)	20(12,16)	26(13,17)
5時間	3(9,14)	9(10,15)	15(11,16)	21(12,17)	27(13,18)
6時間	4(9,15)	10(10,16)	16(11,17)	22(12,18)	28(13,19)
7時間	5(9,16)	11(10,17)	17(11,18)	23(12,19)	29(13,20)
8時間	6(9,17)	12(10,18)	18(11,19)	24(12,20)	30(13,21)

開始時間	14時	15時	16時	17時	18時
3時間	31(14,17)	36(15,18)	40(16,19)	43(17,20)	45(18,21)
4時間	32(14,18)	37(15,19)	41(16,20)	44(17,21)	
5時間	33(14,19)	38(15,20)	42(16,21)		
6時間	34(14,20)	39(15,21)			
7時間	35(14,21)				
8時間					

図1は例として1日目のシフト希望を表している。希望を出しているアルバイトとその労働可能時間をグラフに表した。

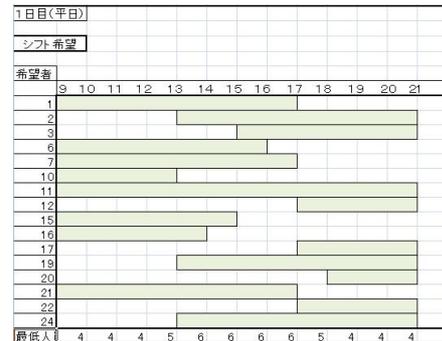


図1 1日目のシフト希望

3.7 研究方法

本研究の目的関数は、アルバイトごとの希望達成度と達成度の差の絶対値と希望時間のみにシフトをいれるソフト制約の和の最小化を目的とする。この問題を解くために使用したIBM ILOG CPLEX Optimazation Studio最適化計算ソフトウェアを使った。

4 定式化

4.1 記号の定義

記号の定義

M : 30人のアルバイトの集合

W : 全勤務対象日の集合

H : 1日の勤務可能時刻の集合

C : 勤務年数の集合 $\{1:0\sim1年, 2:1\sim2年, 3:2\sim3年, 4:3\sim4年, 5:4\sim5年, 6:5年以上\}$

S : 加工スキルの集合 {1: レジ, 2: テニス, 3: 野球, 4: シーズン}

T : シフトパターンの集合 (表 2 にあるシフトパターンの横に書かれている数字と対応付けている)

定数の定義

p_{dh} : d 日に勤務時間 h から $h+1$ 時の間に必要な人員数

l_{dsh}^1 : d 日に勤務時間 h から $h+1$ 時の間にスキル s を持った人が最低必要な人員の数

l_{dch}^2 : d 日に勤務時間 h から $h+1$ 時の間に勤続年数 c ($c \geq 4$) 数の人が最低必要な人員の数

h_t : シフト t の労働時間

c_m : アルバイト m の自給

r_m : アルバイト m の希望出勤を反映する割合

n_m : アルバイト m の希望出勤日数

T_h : h 時 ~ $h+1$ 時の間に働くシフトパターンの集合 (T の部分集合)

w_{mdt} : アルバイト m が希望しない時間帯に働いた時にかかるペナルティで a_{mdt} が 0 のとき 1 となる

$$\delta_{mc} = \begin{cases} 1 & \text{アルバイト } m \text{ の勤続年数が } c (c \geq 4) \\ 0 & \text{そうでないとき} \end{cases}$$

$$m_s = \begin{cases} 1 & \text{アルバイト } m \text{ がスキル } s \text{ を持っている} \\ 0 & \text{そうでないとき} \end{cases}$$

$$a_{mdt} = \begin{cases} 1 & \text{アルバイト } m \text{ が } d \text{ 日にシフト } t \text{ で働ける} \\ 0 & \text{そうでないとき} \end{cases}$$

変数の定義

$$x_{mdt} = \begin{cases} 1 & \text{アルバイト } m \text{ が } d \text{ 日にシフト } t \text{ で働く} \\ 0 & \text{そうでないとき} \end{cases}$$

4.2 定式化

この問題は以下のように定式化できる.

minimize

$$\sum_{m \in M} \left| r_m - \frac{\sum_{d \in D} \sum_{t \in T} x_{mdt}}{n_m} \right| + \sum_{m \in M} \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} w_{mdt} (x_{mdt} - a_{mdt}) \quad (4.1)$$

$$\sum_{t \in T_h} x_{mdt} \leq p_{dh} \quad (d \in D, h \in H) \quad (4.2)$$

$$\sum_{m \in M} \sum_{t \in T_h} m_s x_{mdt} \geq l_{dsh}^1 (d \in D, s \in S, h \in H) \quad (4.3)$$

$$\sum_{m \in M} \sum_{y=4}^6 \sum_{t \in T_h} m_y x_{mdt} \geq l_{dh}^2 (d \in D, y \in Y, h \in H) \quad (4.4)$$

$$\sum_{m \in M} \sum_{t \in T} c_m h_t x_{mdt} \leq e_d \quad (d \in D) \quad (4.5)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{k=d}^{d+5} x_{mkt} \leq 5 \quad (d \in D - \{10, 11, 12, 13, 14\}, m \in M) \quad (4.6)$$

$$\sum_{t \in T} x_{mdt} \leq 1 \quad (d \in D, m \in M) \quad (4.7)$$

(4.2): d 日の h 時 ~ $h+1$ 時の間に必要な人員の制約

(4.3): d 日の h 時 ~ $h+1$ 時の間にスキル s を持つ人は l_{dsh}^1 人以上必要である

(4.4): d 日の h 時 ~ $h+1$ 時の間に必要な勤続年数が c ($c \geq 4$) の人が最低必要な人員の制約

(4.5): 1 日の人件費を超えないようする制約

(4.6): 6 日間以上の連続勤務を禁止する制約

(4.7): 1 日に入れるシフトパターンが 1 つのみである制約

目的関数で用いた絶対値の関数の線形化の方法は次の通りになる. 目的関数が $|x|$ の時, 変数 y を用意し目的関数を y とし, 制約条件に $|x| \leq y$ という条件を加える. 書き換えると, $-y \leq x \leq y$ となるのでこの条件を加える. これを用いると目的関数は

minimize

$$\sum_{m \in M} y_m + \sum_{m \in M} \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} w_{mdt} (x_{mdt} - a_{mdt}) \quad (4.8)$$

とする. 制約条件に

$$-y_m \leq r_m - \frac{\sum_{d \in D} \sum_{t \in T} x_{mdt}}{n_m} \leq y_m \quad (4.9)$$

という条件を加えれば目的関数が絶対値の場合と等価となる. 実際は

minimize (4.1)

s.t. (4.2) - (4.7), (4.9)

を解いた.

5 実行結果

実行では IBM ILOG CPLEX を使い、最初は 1 週間のデータを用いて問題を解き、そのあとに 2 週間のデータを用いて解く。使用したコンピュータの CPU は Intel Core2 2.00GHz、メモリ数は 2.50GB である。

5.1 1 週間のデータ

図 2 は 1 週間のシフトの結果である。ソフト制約の部分は 1 箇所満たされていない。昼間の時間帯に労働時間が 3 時間、4 時間のシフトパターンが多くみられる。人件費や人数調整の面では理想的なパターンだが実際に店舗では使われていないパターンである。したがってこの短時間のシフトパターンを減らすことが改善点となる。

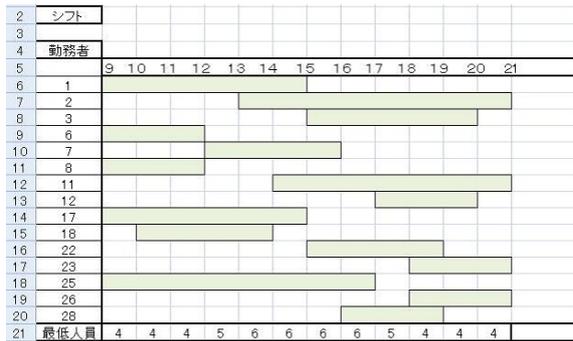


図 2 1 日目のシフト

5.2 2 週間分のデータ

図 3 は 2 週間のシフトの結果である。ソフト制約の部分は 5 箇所が満たされていない。1 週間のシフトと同じように昼間の短時間のシフトパターンが組まれている。

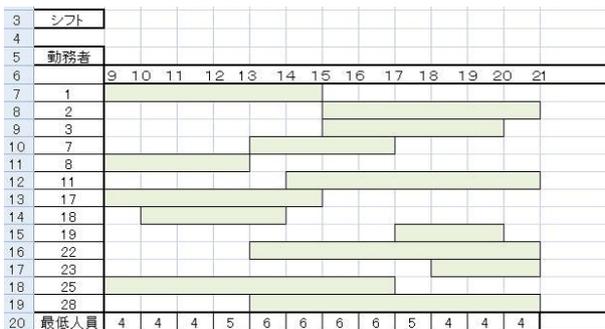


図 3 1 日目のシフト

この段階での課題は昼間に 3 時間、4 時間ずつのシフトが入っていることである。この事をなくすためにシフトパターンから昼間の 3 時間、4 時間ずつのシフトを消した。

図 4 はこれまでの計算実験の課題を踏まえ、昼間から始まる 3、4 時間のシフトパターンを消した結果である。この場合もソフト制約は 5 箇所が満たされていない。しかし適切なシフトパターンのみになっている。このシフトによる結果は現実が一番近いものとなっており、良い形といえる。

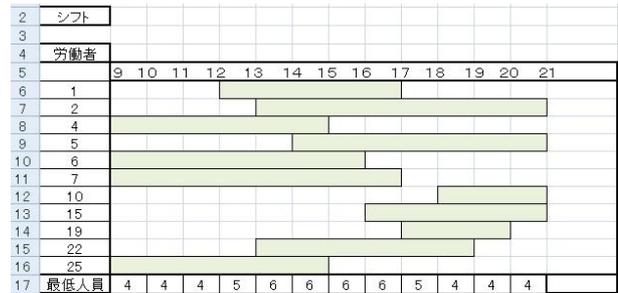


図 4 1 日目のシフト

5.3 目的関数値

表 4 ではそれぞれの計算実験の最適値の結果を表している。表の 2 列目の数値には希望達成度と達成度の差の絶対値の和を表し、3 列目には希望日以外に勤務日が入ってしまった箇所数を記している。4 列目は最適値となる。2 列目と 3 列目の値の和をとった値が目的値となる。

表 4 目的関数値

	達成度の和	ソフト制約が満たされていない箇所数	最適値
1 週間分	0.6642	1	1.6642
2 週間分	1.2759	5	6.2759
2 週間分 (改善版)	1.2759	5	6.2759

2 週間分の実行と 2 週間分の改善版の目的値を比べると変化は起こらなかった。希望日以外に入ってしまったアルバイトが入れ替わったものの、シフトパターンには大きな変化は起こらず、改善版では理想的なシフトに近づけることができた。

6 おわりに

シフト作成の期間が長くなると短時間シフトよりも長時間のシフトで生まれやすいという結果になった。しかし時間帯によって足りないところを短時間のシフトパターンで補っている所が見られた。そのために必要のないシフトパターンを減らすことを行ったのは効果的だったと言える。シフト作成は成功し、実行可能なシフトの組み合わせを CPLEX で 10 秒ほどで求めることができた。しかし、データの入力や表の作成に時間がかかるためシフト作成作業全体の大幅な時間短縮には至らなかった。そのために、今後はプログラムでデータを入力する作業と、結果が出力されてからシフト表を作る作業を短時間で行うことができるシステムを作るなどの改善が必要である。この点を VBA などを用いて自動化することができれば現実的に使用可能なスケジューラとなる。

7 参考文献

[1] 池上敦子, 円羽明, 大蔵元宏: 我が国におけるナーススケジューリング問題, オペレーションズ・リサーチ, 第 41 巻, 第 8 号, pp. 436-442, 1996.