

ホームセンターのシフトスケジューリング自動作成について

2004MM038 鯉沼 潤一郎 2004MM041 栗山 尚泰

指導教員:鈴木 敦夫

1 はじめに

1.1 研究目的

本研究では、ホームセンターにおける最適なシフトスケジューリング作成について考える。

多くの企業では、直接の売り上げに関係のないことから、シフトスケジューリング作成は雇用主が手作業で済ませているのが現状である。今回研究対象とするあるホームセンターにも同じことが言える。このホームセンターの店舗でも、店舗それぞれに、勤務可能時間、各作業における必要人数、従業員の作業能力、人件費といった条件があるため、それらを考慮し手作業でシフト作成するには多くの時間を必要としている。そこで、シフトスケジューリング作成を自動化することにより作業時間を短縮し、各店舗にあった最適なシフトを作成できるようにする[3]。それにより、手作業で費やしていた時間をその他の店舗運営に当てることができ、間接的にはあるが売り上げ向上にも関係してくると思われる。

1.2 アプローチ

以前に鈴木研究室とこのホームセンターの協力で作成されたシフトスケジューリング自動作成システムの試作品では、ホームセンターにおけるすべての作業が自動で割り振られていた。しかし、その中の改廃作業、特売締めという2つの作業は、手の空いた従業員をその都度配置したほうが店舗運営において効率がよいとの指摘を受けた。よって、再度その条件下で、自動に割り振るべき作業について、この問題を0-1整数計画問題として定式化することにした。その際、コスト(人件費)を最小にすることを考え、昼休憩以外の勤務作業はできるだけ連続するようにする。この問題を、EXCELと最適化ソフトウェアWhat's Best!を用いて解く[1,2,4]。本研究では、この修正したシステムを実際に店舗で利用できるように実用化する。

2 問題の説明

2.1 問題概要

本研究におけるシフトスケジューリング作成とは、1日の作業を「どの従業員に、どの時間帯に、どの作業を割り振るか」ということを考え、作成することである。

このホームセンターの現在までのシフトスケジューリング作成方法は、その日に出勤する従業員の労働時間を決め一つ一つの作業を手作業で割り振っていく。このやり方の1番の問題は、1日の作業をすべて割り振るのに時間がかかるということである。

この問題を解決するために、シフトスケジューリングを自動作成することを考える。このホームセンターのシフトスケジューリングを自動作成するにあたり、以下のように問題説明する。

- 本研究で取り上げるホームセンターの営業時間内を含む作業時間は午前7時から午後2時までである。
- 8時間以上勤務する従業員は昼休憩を1時間とらなくてはならない。
- 社員、パート、アルバイトは、可能な作業のみに割り当てることで能力の差を考慮し、更に人件費を変えることで区別する。
- 平日、休日の区別は、作業の必要人数を増減させることで対応する。
- 従業員の人数は店舗によって異なるので、シフトスケジューリングの操作主が自由に従業員の人数を変更できるものにする。
- 勤務可能時間は30分単位である。
- このホームセンターには、以下に示す作業がある。
 - － 自動に割り振るべき作業
 - ・メインレジ：常に稼働されるレジ。営業時間中は絶対に動いてなければならない。
 - ・サブレジ：メインレジを補助するレジ。来客状況予想に応じて稼働数が変化する。
 - ・資材レジ：資材コーナーに設けられている資材専用のレジ。
 - ・外レジ：屋外に置かれた商品専用設けられた屋外のレジ。
 - ・BR：倉庫係。倉庫に置かれた在庫等を整理する。
 - ・SC：受付。来客からの問い合わせに対応する。
 - － 手作業で割り振る作業
 - ・改廃作業：商品の入れ替え、補充を行う。
 - ・特売締め：セールの準備をする作業。

2.2 シフトスケジューリング自動作成に必要な条件

シフトスケジューリング自動作成に必要な条件を、以下の3点に大きく分類する。

2.2.1 満たすべき条件

- 1) 勤務可能時間に勤務する。
- 2) 作業に必要な人数は確保する。
- 3) 可能な作業のみに割り当てる。

2.2.2 レジのシフトについての条件

レジの作業にはメインレジ、サブレジ、資材レジ、外レジがあり、これらは以下のように定める。

- 1.メインレジ, 2.サブレジ, 3.資材レジ, 4.外レジ

これらについての条件は、

- 1) 1, 2, 3のレジは最大3時間, 4のレジは最大2時間まで。
- 2) 1, 2, 3のレジについては、原則として2時間連続で作業を行う。ただし、3時間までも認めることがある。

3) 4のレジは勤務条件が厳しいため、原則2時間までとし、昼間の時間帯は1時間の作業も認める。

4) 上記の1)から3)の条件を満たすために、レジのシフトについて以下のように設定する。

・レジ作業1, 2, 3については、下図の午前7時から午後10時までの2時間シフトに加えて、10:00-13:00, 14:00-17:00, 17:00-20:00の3通りのシフト

・レジ作業4については、下図の午前7時から午後10時までの2時間シフトに加えて、13:00-14:00, 14:00-15:00, 15:00-16:00の3通りのシフト

この条件をグラフにしたものが、図1である。

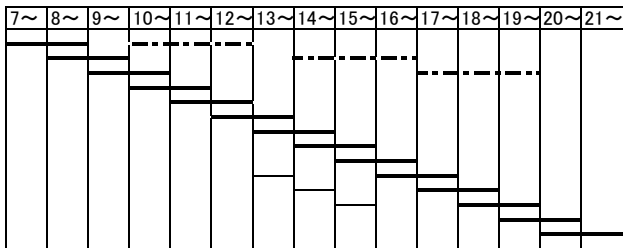


図1: レジのシフトのグラフ

太線と点線は1, 2, 3のレジシフト
細線と太線は4のレジシフトを表す。

レジ作業時間に、番号を以下のようにつける。

$r=1$: 7:00-9:00 $r=2$: 8:00-10:00
 $r=3$: 9:00-11:00 $r=4$: 10:00-12:00
 $r=5$: 11:00-13:00 $r=6$: 12:00-14:00
 $r=7$: 13:00-15:00 $r=8$: 14:00-16:00
 $r=9$: 15:00-17:00 $r=10$: 16:00-18:00
 $r=11$: 17:00-19:00 $r=12$: 18:00-20:00
 $r=13$: 19:00-21:00 $r=14$: 20:00-22:00

レジ作業1, 2, 3のとき
 $r=15$: 10:00-13:00 $r=16$: 14:00-17:00
 $r=17$: 17:00-20:00

レジ作業4のとき
 $r=15$: 13:00-14:00 $r=16$: 14:00-15:00
 $r=17$: 15:00-16:00

2.2.3 レジ以外の自動スケジューリング作業 (BR, SC) についての条件

- 1) 原則30分単位単位で作業を割り振る。
 - 2) 最大連続勤務時間はないものとする。
- その他、2.2.1の条件に合っていれば問題ないものとする。

3 定式化

3.1 記号の定義

・時刻 : T ($t=1, \dots, T$)

時刻については、午前7時から午後10時までを30分単位で考える。従って、 $T=30$ となる。

・レジシフト : R ($r=1, \dots, R$)

レジシフトを17個に割り振ったので $R=17$ となる。

・従業員 : m ($i=1, \dots, m$)
(社員は区別しないことにする)

・作業 : n ($j=1, \dots, 6$)
($j=1, 2, 3, 4$ はレジ, $j=5$ はBR, $j=6$ はSC)

・勤務可能時間

$$a_{it} = \begin{cases} 1 & \text{従業員} i \text{ が時刻} t \text{ に勤務できる} \\ 0 & \text{従業員} i \text{ が時刻} t \text{ に勤務できない} \end{cases}$$

・作業 j に時刻 t に必要な人数 : b_{jt}

・従業員 i が時刻 t に働いたときの時給 : P_{it}

・従業員 i がレジシフト r に働いたときの給料 : P'_{ir}

・作業可能性

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{従業員} i \text{ が作業} j \text{ をできる} \\ 0 & \text{従業員} i \text{ が作業} j \text{ をできない} \end{cases}$$

3.2 変数

$$x_{ijr} = \begin{cases} 1 & \text{従業員} i \text{ をレジ作業} j \text{ のレジシフト} r \text{ に割り当てる} \\ 0 & \text{従業員} i \text{ をレジ作業} j \text{ のレジシフト} r \text{ に割り当てない} \end{cases}$$

($i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, 4$; $r = 1, \dots, R$)

$$y_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{従業員} i \text{ を作業} j \text{ の時刻} t \text{ に割り当てる} \\ 0 & \text{従業員} i \text{ を作業} j \text{ の時刻} t \text{ に割り当てない} \end{cases}$$

($i = 1, \dots, m$; $j = 5, 6$; $t = 1, \dots, T$)

3.3 目的関数

コスト(総人件費)を最小にする。レジ1, 2, 3, 4の人件費とそれ以外のBR, SCの人件費の和が1日に勤務する従業員の総人件費となる。

$$\sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^4 P'_{ir} x_{ijr} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=5}^6 P_{it} y_{ijt} \quad (1)$$

3.4 制約条件

$j=1, 2, 3$ は、メインレジ, サブレジ, 資材レジに対応し、 $j=4$ は外レジに対応する。これらの作業時間の条件は2.2.2図1に示したとおりである。

1) 勤務時間について

2.2.2で定めたレジの作業時間にそって、時間帯別に定式化する。

時間帯ごとに勤務可能かを調べる(勤務可能時間のみ作業を割り当てる)制約式は以下のように決定される。

・作業時間が7:00-8:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 x_{ij1} + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (t = 1, 2 ; i = 1, \dots, m) \quad (2)$$

・作業時間が8:00-21:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (3)$$

$$(t = 3, \dots, T-2; i = 1, \dots, m)$$

・作業時間が21:00-22:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 x_{ij, R-3} + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (4)$$

$$(t = T-1, T; i = 1, \dots, m)$$

・作業時間が10:00-13:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{j=1}^3 x_{ij15} + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (5)$$

$$(t = 7, \dots, 12)$$

・作業時間が13:00-14:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + x_{i4,15} + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (6)$$

$$(t = 13, 14)$$

・作業時間が14:00-15:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{j=1}^3 x_{ij16} + x_{i4,16} + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (7)$$

$$(t = 15, 16)$$

・作業時間が15:00-16:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{j=1}^3 x_{ij16} + x_{i4,17} + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (8)$$

$$(t = 17, 18)$$

・作業時間が15:00-16:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{j=1}^3 x_{ij15} + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (9)$$

$$(t = 19, 20)$$

・作業時間が17:00-20:00のとき

$$\sum_{j=1}^4 (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{j=1}^3 x_{ij17} + \sum_{j=5}^6 y_{ijt} \leq a_{it} \quad (10)$$

$$(t = 21, \dots, 26)$$

2)必要人数について

1)と同様に、2.2.2で定めたレジの作業時間にそって、時間帯別に定式化する。

勤務可能人数が作業必要人数を上回っていないなければならない制約式は以下のように決定される。

・作業時間が7:00-8:00のとき

$$\sum_{i=1}^m x_{ij[\frac{t}{2}]} \geq b_{jt} \quad (j = 1, \dots, 4; t = 1, 2) \quad (11)$$

・作業時間が8:00-21:00のとき

$$\sum_{i=1}^m (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) \geq b_{jt} \quad (12)$$

$$(j = 1, \dots, 4; t = 3, \dots, T-2)$$

・作業時間が21:00-22:00のとき

$$\sum_{i=1}^m x_{ij[\frac{t}{2}]-1} \geq b_{jt} \quad (t = T-1, T) \quad (13)$$

2.1)j=1, 2, 3のとき・作業時間が10:00-13:00のとき

$$\sum_{i=1}^m (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{i=1}^m x_{ij15} + \geq b_{it} \quad (14)$$

$$(t = 7, \dots, 12)$$

・作業時間が14:00-17:00のとき

$$\sum_{i=1}^m (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{i=1}^m x_{ij16} + \geq b_{it} \quad (15)$$

$$(t = 15, \dots, 21)$$

・作業時間が17:00-20:00のとき

$$\sum_{i=1}^m (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{i=1}^m x_{ij17} \geq b_{it} \quad (16)$$

$$(t = 21, \dots, 26)$$

2.2)j=4のとき

・作業時間が13:00-14:00のとき

$$\sum_{i=1}^m (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{i=1}^m x_{ij14} \geq b_{it} \quad (t = 13, 14) \quad (17)$$

・作業時間が14:00-15:00のとき

$$\sum_{i=1}^m (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{i=1}^m x_{ij15} \geq b_{it} \quad (t = 15, 16) \quad (18)$$

・作業時間が15:00-16:00のとき

$$\sum_{i=1}^m (x_{ij[\frac{t}{2}]} + x_{ij, [\frac{t}{2}]-1}) + \sum_{i=1}^m x_{ij16} \geq b_{it} \quad (t = 17, 18) \quad (19)$$

・レジ以外の作業 BR, SCの式

$$\sum_{i=1}^m y_{ijt} \geq b_{jt} \quad (j = 5, 6; t = 1, \dots, T) \quad (20)$$

3)作業条件

従業員ができない作業を割り当てることはできない制約式は、レジ作業の制約式とBR, SCの制約式に分けられる。

i)レジ作業

$$\sum_{r=1}^R x_{ijr} \leq R d_{ij} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, 4) \quad (21)$$

ii)レジ以外の作業BR, SC

$$\sum_{t=1}^T y_{ijt} \leq T d_{ij} \quad (i = 1, \dots, m; j = 5, 6) \quad (22)$$

4 シフト作成自動化の例

画面の表示を以下のようにする。
 メ...メインレジ, サ...サブレジ, 資...資材レジ
 外...外レジ, B...BR, S...SC, 昼...昼休憩

4.1 入力

表1は勤務可能時間帯入力画面の例である。勤務可能であれば1, 不可能であれば0を入力することで, 従業員の予定を反映させることができる。行が従業員を, 列が30分置きの時間を表す。

表 1: 勤務可能時間帯入力画面の例

従業員	...	11時		12時		13時	
1	...	1	1	1	1	1	0
2	...	1	1	0	0	1	1
3	...	0	0	1	1	1	1
4	...	1	1	1	1	1	0
5	...	1	1	1	1	1	0

表2は作業必要人数入力画面の例である。それぞれの作業に必要な人数を入力することで, 来客状況予想に応じて, 人数変更ができる。ただし, 勤務可能人数が作業必要人数を上回っていないなければならない。行が作業名称を, 列が30分置きの時間を表す。

表 2: 作業必要人数入力画面の例

	...	11時		12時		13時	
メ	...	3	3	3	3	3	3
サ	...	3	3	3	3	3	3
資	...	1	1	1	1	1	1
・
・

表3は勤務可能作業入力画面の例である。作業ができるのであれば1, 作業ができなければ0を入力することで, 従業員の作業能力を反映させることができる。行が従業員を, 列が作業名称を表す。

表 3: 勤務可能作業入力画面の例

従業員	メ	サ	資	外	B	S
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	0	0	1	1
3	0	0	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	0

4.2 実行結果

表4は実行結果出力画面の例である。これをもとにして, ホームセンターの各従業員ごとの勤務表を出力する。データ入力後, 実行操作によりこの表が出力されるまでに約

3分を必要とする。行が従業員を, 列が30分置きの時間を表す。

表 4: 実行結果出力画面の例

従業員	...	11時		12時		13時	
1	...						昼
2	...	メ	メ	昼	昼		
3	...	昼	昼	サ	サ	サ	
4	...						昼
5	...						昼

5 まとめ

鈴木研究室とこのホームセンターとの協力によってできた試作品を試験店舗で使用してもらうことで, 大事な作業だけを自動で割り振るほうが作業の効率が良くなるという指摘が得られた。ホームセンターにおけるすべての作業を割り振ってしまうより, その都度自由に決められる作業を設けたほうが, 様々な状況に対応できるからである。この条件に対応させたシステムを作成することで, より実践的なシステムができ, 大幅な時間短縮にも成功した。手作業では1日のシフトスケジューリング作成に約1時間から2時間かかったが, 自動作成システムによってデータ入力後3分程度で完成させることができる。このことから, 目的は達成された。

今回の研究は, 試験店舗で得られた指摘を修正し, レジ, BR, SCという大事な作業を優先したシステムを作成することで貢献できたといえる。

しかし, このシフトスケジューリング自動作成システムは, 1日単位でのスケジュールしかできない。作成したい月日を入力し, シフトスケジュール作成できるようにすることでシフトスケジュールの管理をやすくできるのではないかと考えられる。また, 一つの作業を細かな条件によって割り振ることができれば, それぞれの店舗状況に合った, より実践的なシステムになるのではないかとと思われる。

参考文献

- [1] LINDO社編, 住商情報システム訳: What's Best! ユーザーマニュアル。
- [2] プロジェクトA & できるシリーズ編集部: できる大辞典 Excel VBA 2000/2002/2003対応, 東京書籍, 2007, 東京。
- [3] 鈴木信孝: ある書店における1ヵ月勤務シフト作成の最適化について, 南山大学数理情報学部数理科学科卒業論文, 2006。
- [4] 土屋和人: Excel/VBA パーフェクトマスター-Second Edition, 秀和システム, 2004, 東京。