

飲食店における予約受け入れ数最大化のための予約選択モデル

2015SS065 園田一将

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

私が勤める飲食店では、繁忙期になると予約客で満席になり、後から来た予約を断ることが多い。また、予約の人数よりも座席が多いテーブルを割り当てる場合が多く、効率的なテーブル割り当てができていない。Saito[1]は希望開始時刻から予約を割り当て、売り上げ最大化を考えているが、本研究では私が勤める店をモデルとし、予約受入数を最大にするための予約選択について考える。予約を先着順に受理するのではなく予約受け入れ数が最大になるように受理する予約と断る予約を決定する。また、希望開始時刻以外の時刻からも割当可能とするモデルについても考える。

2 割り当て方法

8つの予約の例を用いて、予約をテーブルに割り当てた例を図1, 2に示す。1時刻あたり30分とする。希望開始時刻は各予約客が希望する開始時刻、開始時刻は実際に割り当てた時刻、希望滞在時間は各予約客が希望する滞在時間とする。

図1は、人数、希望滞在時間を考慮して受理する予約を決めた時の例である。予約を割り当てる際は必ず希望開始時刻から割り当てる。図1の場合は3つの予約を割り当てることができなかった。

時刻 テーブル (人数)	0	1	2	3	4	5
1(4)		予約0			予約4	
2(4)			予約1			
3(6)		予約5		予約3		

図1 滞在時間を決め、希望開始時刻から割り当てた時の例

図2は受け入れることが可能な予約数を増やすために開始時刻を変更して予約を割り当てた時の例である。図2の場合は予約No1, 3, 5を1コマ分変更することで、7個の予約を割り当てることができた。

時刻 テーブル (人数)	0	1	2	3	4	5
1(4)		予約0			予約3	
2(4)	予約2		予約1			
3(6)	予約5		予約6		予約4	

図2 開始時刻を変更して割り当てた時の例

3 問題の説明

現状では、先着順に予約を割り当てているが、本研究では、一定期間予約を受け付けて、その中から受理する予約を決める。

大人数の予約を受け入れる際、1つのテーブルだけでは席数が足りない場合がある。そのような場合は、2つ以上のテーブルを連結させて予約を割り当てている。そこで、連結可能なテーブル同士をあらかじめグループ化してテーブルグループを作成し、予約をテーブルグループに割り当てることを考える。

以下が予約割り当て時の条件である。

1. 各予約に割り当てるテーブルグループの数は1つとする。
2. 他の客と相席にしない。
3. 途中でテーブルを移動しない。
4. 割り当てる時間の長さは希望滞在時間分とする。
5. 各予約は、予約人数以上の座席のあるテーブルに割り当てる。
6. 同じ時刻に同じテーブルに複数の予約を割り当てない。受理する予約候補が揃っており、各予約の人数、希望開始時刻、希望滞在時間がわかっているものとする。

4 定式化

以下の記号を定義する。

I : 予約の集合

J : テーブルの集合

G : テーブルグループの集合

T : 時刻の集合

n_i : 予約 $i \in I$ の人数

c_g : テーブルグループ $g \in G$ の座席数

s_i : 予約 $i \in I$ の希望開始時刻

f_i : 予約 $i \in I$ の希望滞在時間

$$u_{jg} = \begin{cases} 1: \text{テーブル } j \in J \text{ がテーブルグループ } g \in G \\ \text{に含まれる} \\ 0: \text{含まれない} \end{cases}$$

以下の変数を定義する。

$$x_{igt} = \begin{cases} 1: \text{時刻 } t \in T \text{ に予約 } i \in I \text{ をテーブルグループ} \\ g \in G \text{ に割り当てる} \\ 0: \text{割り当てない} \end{cases}$$

$$y_{ig} = \begin{cases} 1: \text{予約 } i \in I \text{ をテーブルグループ } g \in G \text{ に割り} \\ \text{当てる} \\ 0: \text{割り当てない} \end{cases}$$

まず、受け入れる予約を必ず希望開始時刻から割り当てる問題を考える。これは以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned}
\max. & \sum_{i \in I} \sum_{g \in G} y_{ig} & (1) & \text{とする. 制約条件 (4) の代わりに} \\
\text{s.t.} & \sum_{i \in I} x_{igt} \leq 1, & g \in G, t \in T & (2) \quad \sum_{t \in T} x_{igt} = f_i y_{ig}, & i \in I, g \in G & (11) \\
& \sum_{g \in G} x_{igt} \leq 1, & i \in I, t \in T & (3) \quad \sum_{t \in T} w_{it} = 1, & i \in I & (12) \\
& \sum_{t=s_i}^{s_i+f_i-1} x_{igt} = f_i y_{ig}, & i \in I, g \in G & (4) \quad \sum_{g \in G} \sum_{k=t}^{t+f_i-1} x_{igt} \geq f_i w_{it}, & & \\
& \sum_{g \in G} y_{ig} \leq 1, & i \in I & (5) & & \\
& \sum_{i \in I} \sum_{g \in G} u_{jg} x_{igt} \leq 1, & j \in J, t \in T & (6) & & \\
& n_i y_{ig} \leq c_g, & i \in I, g \in G & (7) & & \\
& x_{igt} \in \{0, 1\}, & i \in I, g \in G, t \in T & (8) & & \\
& y_{ig} \in \{0, 1\}, & i \in I, g \in G & (9) & & \\
& & & & & \sum_{g \in G} x_{igt} - h_{it} \leq z_{it}, & i \in I, t \in T & (14) \\
& & & & & \sum_{g \in G} x_{igt} - h_{it} \geq -z_{it}, & i \in I, t \in T & (15)
\end{aligned}$$

(1) の目的関数は、受け入れる予約の総和である。(2) は1つのテーブルグループに同時刻に複数の予約を割り当てないことを表す制約である。(3) は時刻 t において、予約 i に割り当てられるテーブルグループの数は1以下にする制約である。(4) は予約 i を希望開始時刻から希望滞在時間分まで同じテーブルグループに割り当てる制約である。(5) は予約 i において割り当てるテーブルグループの数は1以下にする制約である。(6) は同時刻に1つのテーブルに複数の予約を割り当てない制約である。(7) は予約 i の人数より、座席数が多いテーブルグループ g にその予約を割り当てる制約である。(8), (9), はバイナリ変数制約である。

次に開始時刻を変更して割り当てるモデルを考える。実際に割り当てた時刻と希望開始時刻の差の総和が最小になるように割り当て時刻を希望開始時刻から変更することにより多くの予約を受け入れることが可能になる。実際に割り当てた時刻と希望開始時刻の差を、ペナルティとする。この問題を定式化するために、変数

$$w_{it} = \begin{cases} 1: \text{予約 } i \in I \text{ を時刻 } t \in T \text{ から割り当てる} \\ 0: \text{割り当てない} \end{cases}$$

予約 i の希望予約時間帯を表す定数

$$h_{it} = \begin{cases} 1: i \in I; t = s_i, \dots, s_i + f_i - 1 \\ 0: \text{上記以外} \end{cases}$$

を定義し、目的関数を

$$\min. \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \left| \sum_{g \in G} x_{igt} - h_{it} \right| \quad (10)$$

を追加し、目的関数を

$$\min. \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} z_{it} \quad (16)$$

とすることにより、等価な問題を得る。

5 計算実験

実際の予約情報を用いて計算実験を行った。予約人数最大化を目的とした場合と比較した。予約件数は44、店にあるテーブル数は21、作成したテーブルグループ数は43である。1つの予約に対して開始時刻を30分変更するとペナルティが2となる。計算結果を表1に示す。実際に割り当てた人数は86、予約数は23であった。

表1 実験結果

目的	予約選択モデル1		予約選択モデル2	
	予約数最大 max. $\sum_{i \in I} \sum_{g \in G} y_{ig}$	人数最大 max. $\sum_{i \in I} \sum_{g \in G} n_i y_{ig}$	予約数最大 min. $\sum_{i \in I} \sum_{t \in T} z_{it}$	人数最大 min. $\sum_{i \in I} \sum_{t \in T} z_{it} - \sum_{i \in I} \sum_{g \in G} n_i y_{ig}$
人数	134	138	154	159
予約数	36	34	41	41
ペナルティ			32	32

開始時刻を希望開始時刻から変更することで、より多くの予約を受け入れることが出来る。

6 おわりに

本研究のモデルに加えて、希望開始時刻に割り当てられなかった予約に対しては、割引を適用するなどの仕組みを入れることがモデルの改善策として考えられる。

参考文献

- [1] Tsutomu Saito (2016). Qiita, レストランの売上を組合せ最適化で最大化する。
<https://qiita.com/SaitoTsutomu/items/41341ed5a58890c931d2>, (閲覧日:2018年7月10日)。