

数理最適化による座席指定問題

201011302 佐保 将秀

経営工学専攻 指導教員：繁野 麻衣子 教授

1. 目的

飛行機や特急列車などの乗り物における座席指定は現在の日本では、ほとんどの場合到着順、もしくは予約した順に優先的に選べる方式になっていることが多い。しかし、それでは後から選ぶ人が満足する座席を選べる機会が少なくなってしまう可能性が高い。そこで、サービス向上の一つとして、全員の満足度の総和がより大きくなるような座席指定の手法を研究する。座席指定問題は、乗客をどの座席に割り当てるかを決定する問題と考えることができる。そこで組合せ最適化問題として定式化することにより、この問題を解決することを目的とする。与えられた制約条件のもとで、目的関数を最大あるいは最小にするという最適化問題は一般に数理最適化問題とよばれる。本研究では、すべての変数に対して整数変数のとりうる値は0または1であるという制限のもとで最適化を行う。本研究のように組合せ的な性質をもつ問題には、ナップサック問題や機械のスケジューリング問題が知られている [1]。

本研究ではジェットコースターの座席指定を扱う。具体的に富士急ハイランドのFUJIYAMAを想定する。ある乗客にとって優先したい項目をそれぞれ希望度として数値化し、最終的な乗客の満足度を計算する。また、複数人で来る場合のことを考え、二人グループの人々は必ず隣り合う席に座れるようにする。現在のやり方のように到着順に席を決めていくやり方に比べ、乗車時まで座席を指定しないで希望のみとっておくやりの方が、乗客の満足度が向上することを明らかにする。

2. 方法

2.1. オンラインアルゴリズム

現状での多くのジェットコースターの座席指定の様に到着順にグループごとに座席をその都度決定する方法をオンラインアルゴリズムという。本問題に対するオンラインアルゴリズムをExcelマクロで実装しシミュレーションを行う。オンラインアルゴリズムは以下のように動作する。

- 乗客が個人客であった場合、その時点で空席の中で最も満足度が高くなる席に割り当てを決定する。満足度が最も高くなる席が複数ある場合、座席番号が早いものに乗客を割り当てる。
- 乗客が二人グループであった場合、その時点で隣り合う空席の中で最も満足度が高くなる席に割り当てを決定する。このとき二人グループは隣り合う席に配置する。満足度が最も高くなる席が複数ある場合、座席番号が早いものに乗客を割り当てる。隣り合う空席がない場合、座席への配置は行われない。

2.2. オフラインアルゴリズム

オンラインアルゴリズムに対して、すべての乗客の情報をあらかじめ知っていて、満足度が最も大きくなるように座席の割り

当てを決定するアルゴリズムをオフラインアルゴリズムという。本研究では定式化した問題を FICO Xpress で解くことにより最適解を求める。座席は図1のように番号付けされており、座席番号 $2n-1$ と $2n$ ($1 \leq n \leq 28$) は隣り合う席である。定式化では以下の記号を用いる。

1台目(So)				2台目			
s1	s2	先頭&前側(Sh,Sl)	s29	s30	s31	s32	
s3	s4	前側(Sl)	s33	s34	s35	s36	
s5	s6	前側(Sl)	s37	s38	s39	s40	
s7	s8	前側(Sl)	s41	s42	s43	s44	
s9	s10	中央(Sc)	s45	s46	s47	s48	
s11	s12	中央(Sc)	s49	s50	s51	s52	
s13	s14	中央(Sc)	s53	s54	s55	s56	
s15	s16	中央(Sc)	s57	s58	s59	s60	
s17	s18	後ろ側(Sb)	s61	s62	s63	s64	
s19	s20	後ろ側(Sb)	s65	s66	s67	s68	
s21	s22	後ろ側(Sb)	s69	s70	s71	s72	
s23	s24	後ろ側(Sb)	s73	s74	s75	s76	
s25	s26	最後尾&後ろ側(Sb,St)	s77	s78	s79	s80	
s27	s28	左側(Sl)	右側(Sr)	左側(Sl)	右側(Sr)		

図1 座席番号と集合

●添字の集合

- 右側の座席の添字： r
- 左側の座席の添字： l
- 前側の座席の添字： f
- 中央の座席の添字： c
- 後ろ側の座席の添字： b
- 先頭の座席の添字： h ($h \subset f$)
- 最後尾の座席の添字： t ($t \subset b$)
- 1台目の座席の添字： o

●集合

- 座席の集合： $S, S_r, S_l, S_f, S_c, S_b, S_h, S_t, S_o$
- 乗客の集合： C
- 二人グループの集合： P

●変数

乗客 c が座席 s に割り当てられたときに1となる0-1変数： x_{cs}

●パラメータ

乗客 c が座席 s を希望する希望度を W_{cs} で表す。

$W_{cr}, W_{cl}, W_{cf}, W_{cc}, W_{cb}, W_{ch}, W_{ct}, W_{co}$

【目的関数】

Maximize

$$\sum_{c \in C} (W_{co} \sum_{s \in S_o} x_{cs} + W_{cr} \sum_{s \in S_r} x_{cs} + W_{cl} \sum_{s \in S_l} x_{cs} + W_{ch} \sum_{s \in S_h} x_{cs} + W_{cf} \sum_{s \in S_f} x_{cs} + W_{cc} \sum_{s \in S_c} x_{cs} + W_{cb} \sum_{s \in S_b} x_{cs} + W_{ct} \sum_{s \in S_t} x_{cs}) \quad (1)$$

【制約式】

$$\sum_{s \in S} x_{cs} = 1 \quad c \in C \quad (2)$$

$$\sum_{c \in C} x_{cs} \leq 1 \quad s \in S \quad (3)$$

$$x_{c_1(2n-1)} - x_{c_2(2n)} = 0 \quad \{c_1, c_2\} \in P, 1 \leq n \leq 28 \quad (4)$$

$$x_{c_1(2n)} - x_{c_2(2n-1)} = 0 \quad \{c_1, c_2\} \in P, 1 \leq n \leq 28 \quad (5)$$

$$x_{cs} \in \{0, 1\} \quad c \in C, s \in S \quad (6)$$

3. 結果と考察

乗客の希望度をランダムに設定した場合 10 回全てにおいてオフラインアルゴリズムを用いた場合のほうが乗客満足度は向上した。しかし、乗客それぞれの視点から見てみると満足度が向上した乗客が多いものの、逆に満足度が下がってしまった人もいることが判明した。そこで、満足度が上がったか下がったかだけではなく、いくら変化したのかを比較すると図 2 および図 3 の分布になった。横軸はオフラインアルゴリズムによる乗客満足度からオンラインアルゴリズムによる乗客満足度を引いた差を、縦軸はその人数を表している。

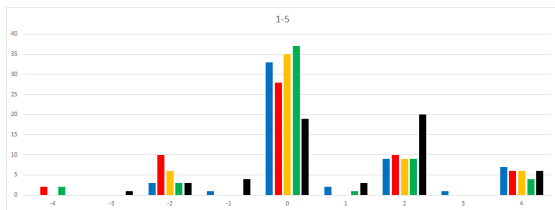


図 2 乗客ごとの満足度差の分布 第 1 回目から第 5 回目

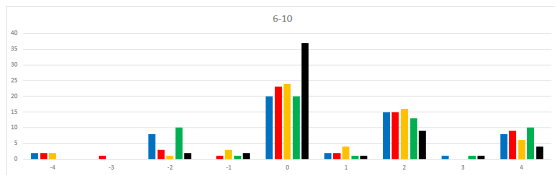


図 3 乗客ごとの満足度差の分布 第 6 回目から第 10 回目

10 回のランダムな試行の中で、第 2 回目と第 5 回目は特徴がある。第 2 回目は満足度が減少してしまった乗客が一番多く、第 5 回目は満足度が向上した乗客が一番多かった。その理由を考えるために 1 台目に対する希望度の合計を前半 28 人、後半 28 人それぞれで計算した。前半 28 人の 1 台目に対する希望度が最も高かったのは第 2 回目で、後半 28 人の 1 台目に対する希望度が最も高かったのは第 5 回目であった。よって、一台目を希望する乗客が後半に偏れば偏るほど、乗客全体の満足度は上がりやすい傾向があるといえるだろう。

ランダムな値を入れた場合と比べ乗客の特徴に偏りがある場合は特にオフラインアルゴリズムが有効であることがわかった。後半にグループが多く来た場合、オンラインアルゴリズムによる座席指定を行った場合、先に個人客から座席を決定するため、隣り合う空席がなくなってしまう場合がある。この場合、後から二人グループが来たときに、座れなくなってしまう。座ることができなかった乗客は満足度が 0 となるため、これが全体の満足度を小さくしてしまっている原因となっている。一方、オフラインアルゴリズムによる座席指定を行った場合、全ての乗客

が乗車できた。二人グループが後半に偏っている場合のほうが大幅な満足度の向上が見られた。よって、先に個人客を埋めていく場合でもある程度まとまった席を残しておいたほうがサービス向上に繋がると考えられる。

最後尾を希望する乗客に偏りがある場合オンラインアルゴリズムとオフラインアルゴリズムとの二通りの方法による満足度の違いを比較する。最初の 6 人は全員が最後尾を強く希望しており、他の乗客は最後尾以外をバランスよく希望している。シミュレーションを行い、最初の 6 人がどの座席に配置されたかに注目する。満足度はオフラインアルゴリズムを用いた場合のほうが大きく向上した。ここで、最後尾を希望していた 6 人がどのくらい満足したかを計算した。それぞれの乗客に注目すると、最後尾へ実際に配置できたかどうかにおいて大きく差が出ていることがわかった。オンラインアルゴリズムによる座席指定では 6 人中 3 人しか最後尾へ配置ができていない。到着順に座席を決めているため、本来待たせた方が実は得だったのにも関わらず、一台目に配置してしまった人がいることが原因となっている。つまり到着順に座席を決める現在の手法では、本当に乗りたくない希望が叶えられていないケースが多々あるということだろう。一方でオフラインアルゴリズムによる座席指定では全員を最後尾へ配置することに成功している。この乗客たちの全体の満足度への貢献は高いものとなっているだろう。この結果からオフラインアルゴリズムを使えば乗りたくない希望が重複したときに効果的に待たせることが可能になることを明らかにできた。

4. まとめ

本研究では、到着順に座席指定を行うのに比べ、最適化法による座席指定を行ったほうが乗客の満足度が向上することを明らかにできた。特に 1 台目に乗りたくない乗客が後からやってきた場合に、最適化法による座席指定のほうが大きく満足度が向上することがわかった。また、到着順に座席指定を行うと、最後にグループで乗れる席がなくなってしまう場合があるが、最適化法による座席指定を行えば全員が座れることを明らかにできた。到着順に席を決めていくとしても、ある程度まとまった席を残しておいたほうがサービス向上に繋がると考えられる。最後に、到着順に席を決めていった場合には乗りたくない座席が埋まっているときには別の座席に座らざるを得ないが、最適化法による座席指定を行えば効果的に乗客を待たせることができることを明らかにできた。これらのことから、現在のように到着順で座席指定を行う方法は乗客の満足度の観点からは有効ではなく、最適化法による座席指定を取り入れることができれば、より良いサービスを提供できるといえる。

5. 今後の課題

複雑なモデルでも同様のシミュレーションを行うことができるようにしたい。より大きな乗り物（新幹線、飛行機等）で座席指定を行った場合、3人以上のグループについて扱う場合、男女で分けて相席した場合等をシミュレーションしたい。

6. 参考文献

参考文献

[1] 坂和正敏 (1999) 数理計画法の基礎, 森北出版株式会社.