

映画館の上映スケジュールの最適化と自動作成

2020SS086 山川凜太郎

指導教員：小市俊悟

1 はじめに

本研究の目的は、映画館の上映スケジュールについて、より多くの観客を見込める、最適なスケジュールを構築することである。現在、映画館では、映画の配給会社が指定した最低上映回数を満たすように、プログラムを使ってスケジュールを作成している。しかし、そのスケジュールをそのまま使用することはできていない。各劇場の支配人が、手作業で、映画同士の間隔を詰める等して、最低上映回数を満たしつつ、観客を増やすように各映画の回数を調整している。本研究では、そのような負担を軽減し、そのまま利用できるスケジュールをプログラムにより自動で作成できることを目指す。これを実現するために、ある映画館における一日の上映スケジュールを最適解とする整数計画モデルを立て、それを解くことで最適なスケジュールを得る。さらに動員数を増やすための試みも行う。

2 データ

上映スケジュールが満たすべき条件を設定するために、以下のデータを収集した。

イオンシネマ東員において2023年4月3週～5月2週の各土曜日に実際に使用されたスケジュールを元にした、作品名・スクリーン番号・スクリーンの席数・スクリーンの使用率・各上映回の動員数・上映された時刻。

イオンシネマ東員・長久手・ワンダー・大高・岡崎、TOHOシネマズ赤池・津島・木曾川・岐阜・磐田の2023年4月3週～5月2週の上映スケジュールを元にした、各映画の本編時間・予告の長さ・上映回数・最大動員可能数 [1]。

3 データの分析

映画の上映時間帯に対する動員数の関係を調べるため、8時から22時までを2時間ごとに区切り、時間帯ごとの平均動員数を調べた。結果として、朝一回目と夕方の上映回は動員数が少なく、反対に、12-13時は動員数が多くなることが分かった。

次に、映画を7つのジャンルに区切り、上映時間帯に対する動員数の関係を調べた。結果として、ロマンス・キッズ映画は、朝一回目に動員数が多く、反対に、ホラー映画は夜の上映回の動員数が多くなることが分かった。

4 上映スケジュール作成のための整数計画モデル

4.1 記号の定義

ある映画館を想定し、その映画館で上映する映画作品の集合を A とする。また、映画の開始時刻の集合 T を次のように用意する。映画館の営業開始時刻は 9:00 とする。観

客がチケットやフードを購入する時間などを考慮し、最初の映画の開始時刻を 9:20、最終映画開始時刻を 20:55 とする。映画の開始時刻は、9:20 から 20:55 までを、5 分刻みにした時刻から選ばれる。そこで、9:20 を 1、9:25 を 2 というように順に表すこととし、20:55 に対応する 140 までを、開始時刻の集合 $T = \{1, 2, \dots, 140\}$ とする。なお、時刻をこのように表すことに伴って、映画の上映時間なども 5 分単位の時間で考えることとする。また、定式化のために、各時刻 t に対して、集合 $T(t)$ は $T(t) = \{1, 2, \dots, t-1\}$ を表すものとする。ただし、 $T(1) = \emptyset$ である。

以上に加えて、下記に説明するような記号を用いる。

r_a : 映画作品 a の最低上映回数。

τ_a : 映画作品 a の上映時間と、入れ替え時間の合計 (上映時間は、映画本編の時間と予告時間の合計である。また、入れ替え時間とは、観客の退場・スタッフによる清掃・観客の入場時間を合計したものであり、本研究では 25 分とする)。

S : スクリーンの集合。

C_s : 各スクリーン $s \in S$ の座席数。

P_t : 時間帯による動員数の期待比率 (最も平均動員数が多い 12-13 時台の平均動員数に対する各時間帯の平均動員数の割合)。

Q_a : 映画作品ごとの座席使用率の期待値 (実際の座席使用率をもとに、0.2-0.9 で設定している。)

R_{at} : 映画作品 a のジャンルごとの時間帯動員数の期待比率 (平均動員数はジャンルを区別していないので、各ジャンルごとに平均動員数が多い 2 つの時間帯の期待値を 1.2 倍することでジャンルごとに時間帯に依存した動員数の違いがあることをモデルに加味する。例えば、アクション映画は、10-11 時台と 12-13 時台の動員数がほかの時間帯に比べ多いため、その時間帯の期待値を 1.2 倍する)。

4.2 決定変数

決定変数は、各映画作品 $a \in A$ 、各スクリーン $s \in S$ 、各開始時刻 $t \in T$ について、

$$x_{ast} = \begin{cases} 1 & \text{映画作品 } a \text{ をスクリーン } s \text{ の} \\ & \text{開始時刻 } t \text{ に割り当てるとき} \\ 0 & \text{それ以外のとき} \end{cases}$$

とする。

4.3 目的関数

目的関数は下記のように定め、その最大化を目的とする。

$$\sum_{a \in A} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} P_t Q_a R_{at} C_s x_{ast}$$

$P_t Q_a R_{at} C_s$ は、時間帯 t に映画作品 a をスクリーン s で上映した際に期待される動員数となる。

4.4 制約式

次に挙げるような制約式を用意する。

各スクリーン各時刻に割り当てる映画を一つまでとする制約式

$$\sum_{a \in A} x_{ast} \leq 1 \quad (s \in S, t \in T)$$

最低上映回数を確保するための制約式

$$\sum_{s \in S} \sum_{t \in T} x_{ast} \geq r_a \quad (a \in A)$$

最低上映回数 + 3 回以上上映しないための制約式

$$\sum_{s \in S} \sum_{t \in T} x_{ast} \leq r_a + 3 \quad (a \in A)$$

同時刻に開始する映画は 2 つまでとする制約式

$$\sum_{m \in M} \sum_{s \in S} x_{ast} \leq 2 \quad (t \in T)$$

スクリーン s に、時刻 t に始まる映画を割り当てることができることを表す制約式

スクリーン s について、映画作品 a' が時刻 t より前の時刻 $t' \in T(t)$ に始まっているのであれば、その終了時刻 t'' は、

$$t'' = t' + \tau_{a'} x_{a'st'}$$

で与えられる。時刻 t'' が時刻 t と同じか前であれば、スクリーン s には時刻 t に映画作品 a を割り当てることができる。つまり、 x_{ast} を 1 とすることができるので、次が成り立つ。

$$x_{ast} \leq 1 + \frac{t - (t' + \tau_{a'} x_{a'st'})}{140}$$

$$(a, a' \in A, s \in S, t \in T, t' \in T(t))$$

同じ映画を同じ時間に複数回上映しないことを表す制約式

$$\sum_{s \in S} x_{ast} \leq 1 \quad (a \in A, t \in T)$$

同じ映画を指定時間内に複数回上映しないことを表す制約式

V_t は時刻 t から $t +$ (指定時間) もしくは 140 の早い方の時刻とする。最低上映回数により、指定時間は変更する。最低上映回数が 4 回以下の時は 8、それ以外の時は 5 とする。

$$\sum_{s \in S} \sum_{v \in V_t} x_{asv} \leq 1 \quad (a \in A, t \in T)$$

5 結果

作成したスケジュールが、実際に使用されたスケジュールとどの程度の差があるのかを分析した。その結果、各映画作品における、実際の上映回数との差や、時間帯ごとの上映回数の差は、全て 2 回以内となった。また、データの分析を行った時期とは異なる時期の映画作品でスケジュール作成を行い、実際のものと比較した所、各映画作品における、上映回数の差は 1 回以内となり、時間帯ごとの上映回数の差は、2 回以内となった。さらに、一日の映画の合計上映回数は、共に 57 回となり、実際の平均上映回数は 56.5 回のため、ほぼ変わらないといえる。

これらの結果から、作成した上映スケジュールは、一日の合計上映回数にあまり差がなく、映画作品ごとの上映回数や、時間帯における上映回数にも偏りのないものと分かる。よって、映画館でそのまま利用できるスケジュールをプログラムにより自動で作成できたといえる。

次に、一日に一回程度しか上映されていない作品の上映回数を増やし、より多くの時間帯に上映すべきなのかを分析した。そのために、どの映画作品も 1 日に複数回上映されるようにした。一日の合計上映回数は 57 回となり、前述の 2 つの結果と同じになった。しかし、目的関数の計算結果は、最初に作成したものが 6233 人であったのに対し、5838 人となり、約 6.3 % 減ってしまった。

全ての作品の上映回数を 2 回以上とすることで、目的関数値としての動員数は減ってしまった。しかし、どの作品も違う時間帯で上映されているため観客が都合を合わせやすい上映スケジュールにはなったので、400 人程度の減少が実際どうなるか分からない程度には減少を収められた。

6 おわりに

映画館の上映スケジュールが手作業によって作成されていることから、整数計画問題を用いた最適手法により、自動で最適な上映スケジュールを作成できないかを探った。はじめに、現状を理解するために映画館に関する基本的なデータを集めて分析を行い、その結果を踏まえて、期待動員数の最大化を目的とした上映スケジュール作成のための整数計画モデルを作成した。それを解くことで、実際の上映スケジュールとあまり差が無いスケジュールを作成できた。また、動員数を増やす試みも行ったが、今回の手法では上手くいかなかった。しかし、観客が都合を合わせやすいスケジュールを作成できたので、減少幅も小さいことから、実際にどのような動員となるかは分からない。以上のことから、本研究の目的である、各劇場の支配人の負担を軽減し、そのまま利用できるスケジュールをプログラムにより自動で作成できたといえる。

参考文献

- [1] 映画及び映画館に関する資料。
<https://www.aeoncinema.com/> (アクセス日: 2023年9月12日)