

映画作品の上映映画館決定問題を題材とした耐戦略性を持つメカニズムの自動合成機構の試作

原田 崇伸[†]静岡大学情報学部行動情報学科[†]福田 直樹[‡]静岡大学大学院情報学領域[‡]

1 はじめに

メカニズムデザインでは、複雑な問題設定に適応させるために自由度の高いメカニズムを設計すると、耐戦略性 [1] などの望ましい性質を同時に複数満たせない場合や数理的な解析が困難になるという課題がある [2]。問題設定が複雑になった場合にそのメカニズムを自動で設計する自動メカニズムデザイン [3] が提案されている。本研究では、題材として映画作品の上映映画館決定の問題を扱う。

本研究では、望ましいメカニズムを、顧客、映画館の側面から耐戦略性を満たすかあるいはそれに類似した性質をもったうえで全体の効用の総和を表す social welfare ができるだけ最大化された結果をもたらすメカニズムであると仮定する。本研究ではこのようなメカニズムを自動で合成する機構の実現を目指す。

本機構では、入札者数、入札の上限値、下限値、最も高い入札値と最も低い入札値の差額、入札するタイミングによる損得の有無などの様々な設定を施すことが可能であり、設定に基づいてメカニズムを自動的に生成することを想定する。

2 上映映画館決定問題のモデル化

2.1 問題設定

本機構では、異なる問題設定に基づくモデルを扱うことを目指す。ここでは、本機構で扱えるように表現したモデルの例を示す。いずれのモデルでも、その前提として1つの映画作品 $w \in W$ の上映映画館を決定することを想定する。この決定に関わるエージェントは顧客集合 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 、映画館集合 $M = \{1, 2, \dots, m\}$ のどちらかに所属する。各顧客はそれぞれ w に対して評価額をもつ。顧客、映画館はともに一次元区間上に位置するとし、顧客は w に対する評価額と自身の所在地、映画館は自身の所在地をメカニズムに申告する。本研究ではこれを入札と定義する。メカニズムは入札に基づいて上映映画館と、各上映映画館において w を消費する顧客に設ける視聴料金を決定する。

2.2 パラメータ設定

本実験では、顧客と映画館の数はそれぞれ3つとした。各顧客の評価額を0.05から1.00まで0.05刻みの値をとる離散一様分布からサンプリングした。また、各顧客と各映画館の所在地も0から20まで1刻みの値をとる離散一様分布からサンプリングし、それぞれの所在地が重複しないよう設定した。

3 メカニズム設計

本研究では、メカニズムに与える入札データ等の生成および、その与えられた入札等に基づいて上映映画館の決定を行う機構を動作させた

A Preliminary Implementation of an Automated Mechanism Design for a film distribution allocation considering Strategy-Proofness

[†] Department of Behavior Informatics, Faculty of Informatics, Shizuoka University

[‡] College of Informatics, Academic Institute, Shizuoka University

際の特徴を解析するコードを Python 3.10.4 で試作した。本機構により、合成された各メカニズムの特徴を解析する。

本稿では3つのメカニズムを解析する。mechanismA は本研究により設計したものであり、耐戦略性をもったメカニズムに類似しつつ、social welfare をできるだけ最大化することを目指すメカニズムとして合成したものである。mechanismB は顧客の効用の総和が最大化されることを目指すメカニズムである。mechanismC は映画館の効用の総和が最大化されることを目指すメカニズムである。

顧客と映画館の所在地、顧客の評価額を設定し、メカニズムにこれらの入札を与え、上映映画館が出力されるまでを1回の実行単位とし、各メカニズムそれぞれ10,000回の試行を行い、1回あたりの実行の social welfare の平均値を比較する。結果を表1に示す。

各メカニズムがどの程度耐戦略性に類似した性質をもつかの解析も行った。嘘の申告をする顧客は、メカニズムに対して2つの異なる申告を行い、メカニズムはそれぞれの申告に対して上映映画館の決定を下す。一方での申告時には正直に自身の情報を申告する。もう一方の申告時には嘘の情報を申告する。他の入札者はいずれにも全く同じ情報を申告する。真実の申告と嘘の申告によるメカニズムの出力結果の違いから嘘の申告を行った顧客の効用の差分を比較することで、顧客が嘘をつくことによって得をしたかの判定を行う。これを1回の実行単位とし、10,000回の試行のうち、顧客が嘘について得をした割合を算出する。ここで、嘘の申告を行う際の値はランダムに設定し、嘘をつく顧客の数は1とした。入札データのうち、所在地については真の申告のみを行い、評価額についてのみ嘘の申告を行うよう設定した。

自動合成機構では、本節で説明した機構により複数のメカニズムの特性を検証したうえで、ユーザにメカニズムを提示できるようなシステ

ムを目指す。

表1 顧客と映画館が3つずつの場合のメカニズム出力

メカニズム	social welfare の平均値
mechanismA	0.711060
mechanismB	1.100515
mechanismC	1.115085

表2 顧客が嘘の申告をして得をした割合

メカニズム	顧客が得をした割合
mechanismA	0.1866
mechanismB	0.0998
mechanismC	0.1572

4 おわりに

本研究では、望ましいメカニズムを、顧客および映画館からの申告に対して耐戦略性を満たすかあるいはそれに類似した性質をもったうえで、できるだけ social welfare が最大化された結果をもたらすメカニズムであるとし、そのようなメカニズムを自動合成する機構の試作について述べた。

参考文献

- [1] Noam Nisan , "Introduction to Mechanism Design (for Computer Scientists)", Algorithmic game theory, Chapter 9, pp. 209 – 241, 2007
- [2] Dütting, Paul, et al. , "Optimal auctions through deep learning: Advances in differentiable economics.", Journal of the ACM, 2023
- [3] T.Sandholm , "A new application area for search algorithms", In Proceedings of the International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming, pp. 19-36, 2003