

劇場型産業における座席指定付きオークションメカニズムの提案

Auction Mechanism Including Seat Reservation in Theater Service

西野成昭 福谷康二 上田完次
Nariaki Nishino Koji Fukuya Kanji Ueda

東京大学 人工物工学研究センター

Research into Artifacts, Center for Engineering (RACE), The University of Tokyo

This study proposes a new auction mechanism including reservation of seats. In the real world, price in theater services is actually fixed and it does not depend on the quality of contents or the seat in the theater. Therefore, such the fixed pricing mechanism cannot reflect the value of contents. In this study, introducing Vickrey-Clarke-Groves (VCG) mechanism and Gale-Shapley (GS) mechanism, new mechanism which is considering seat reservation is proposed. In addition, how the mechanism works is examined by using experiments with human subjects and multi-agent simulation.

1. はじめに

娯楽産業の中でも劇場型の産業は昔から人々の生活と密着し、親しまれている。ここで劇場とは、総合芸術の作品、もしくは特定の人物達による一連の行動からなる事象を、人々が座席について鑑賞、観戦する場所のことを指す。ミュージカル、コンサート、映画、スポーツ等が劇場サービスの例である。

人々は劇場でコンテンツを観ることで満足感を得るが、Curry [Curry 00] によればその効用は Rosen [Rosen 74] の Hedonic Theory を用いることで表すことができる。それは、人々が観るコンテンツの質と、場所や時間といった環境を含めた席の質という二点を考慮してその席の価値を決め、支払額が席の価値より低ければその席のチケットを購入するということである。

現状の劇場チケット価格制度を見ると、映画館やライブハウス等の小規模な劇場では 1 種類のチケットが定額で販売されており、スタジアムやコンサートホールといった大規模な劇場でも数種類の定額チケットとして販売されている。例えば映画は監督、俳優などの要素によってコンテンツの質が決まり、映画館の設備や鑑賞する席の位置によってその座席の価値が決まると考えられるが、全ての映画は一律に 1800 円で、座席にも依らない。つまり、コンテンツや席の質の違いが考慮されていないと言える。しかし、コンテンツの質を考慮するにはコンテンツ毎にマーケティング調査等の多大なコストと時間が必要であるし、消費者の価値観は様々であり、同じコンテンツ、同じ席であっても人によって価値は異なるため、事前に適正な価格の導出が困難であるのも現状の問題である。

硬直的な定額価格制度では、消費者が持っている価値に合わせて価格が決まっているとは言えず、社会余剰の面でも効率的であるとは言えない。消費者、劇場運営者双方に多大なコストをかけることなく、多様な消費者の価値観に合わせて動的に価格が決定するような新たな価格制度の導入が必要である。

そこで本研究では、多様な価値観を持つ消費者と、硬直的な価格制度である劇場型産業のミスマッチを解決するため、オークション理論に基づいた新たな価格制度を構築することを目的とする。オークションは、買手に支払意思額を表明させることで商品の価格と財の割当てを決定する価格制度であり [横尾 06]、

売り手が適切な価格を決定することが難しい商品の取引に有効な価格制度である。劇場型産業の特徴である座席という要素に着目し、オークションに座席指定を含んだ新しいメカニズムを提案する。さらに、被験者実験とマルチエージェントシミュレーションによってその有効性を検証する。

2. 劇場と消費者に関する問題の定式化

n 人の消費者と l 種 M 個の席を持つ劇場、及び、チケットを販売する運営者から構成される。消費者はチケットを購入し席を予約することによって、運営者はチケットが購入されることによって利得を受け取る。以下で各要素について説明する。

2.1 劇場

劇場には M 個、 l 種類の席がある。 $L = \{1, 2, \dots, l\}$ とし、それぞれの席の個数を m_k ($k \in L$) とする。即ち $M = \sum_{k=1}^l m_k$ である。劇場で上映されているコンテンツは 1 種類とした。

2.2 消費者

消費者の集合を $N = \{1, 2, \dots, n\}$ と定義する。消費者毎に座席の種類が異なるとし、全ての種類の席について順位付けされる。以降、好みの座席の順序を嗜好順序と呼ぶことにし、消費者 i が j 番目に嗜好する席の種類を p_{ij} で表す。また、順位付けされた座席それぞれに対して、留保価格を持っているとする。消費者 i の j 番目に嗜好する座席の種類に対する留保価格を R_{ij} とする。そして、消費者 i の利得 U_i ($i \in N$) は以下のように定式化する。

- 席が予約できた場合: $U_i = R_{ij} - \beta$
- 席が予約できなかった場合: $U_i = 0$

ここで、 β をチケットの価格とする。ただし、消費者一人に配分される座席は一つとする。

2.3 劇場運営者

運営者は 1 人とし、オークションの主催者である。運営者の利得を以下に定式化する。

$$U_{\text{manager}} = \beta \times n_{\text{buy}}$$

ただし n_{buy} はチケット購入者の人数を表す。また、単純化のため運営者のコストは考慮しないものとした。

連絡先: 西野成昭, 東京大学人工物工学研究センター, 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, email:nishino@race.u-tokyo.ac.jp

3. 座席指定付きオークションメカニズム

価格決定には、Vickrey-Clarke-Groves (VCG) [Vickrey 61, Clarke 71, Groves 73] メカニズムを利用し、座席配分には Gale-Shapley (GS) メカニズム [Gale 62] を適用し、価格と座席が同時に効率的に決定するようなメカニズムを提案する。

3.1 Vickrey-Clarke-Groves (VCG) メカニズムを利用した落札価格決定メカニズム

VCG メカニズムは、誘因両立性とパレート効率性を満たす優れたオークションメカニズムであることが知られている。VCG メカニズムをそのまま適用する場合を考えると、複数財の割当ての組み合わせについては、消費者は一つの席を予約するので、 M 種類の割当てがあり、 M 個すべての席に対して自分の入札額を表明することになる。席数 M が大きい場合や、複数の席を希望可能とする組み合わせオークションに拡張することを考えた場合、消費者はそれだけ多くの入札を必要があり、入札の際のコストが大きくなる。そこで本研究では席を 1 種複数財とみなして VCG メカニズムを適用する。以下で、具体的なメカニズムについて説明する。

1. 消費者 i は、入札額 b_i ($i \in N$) を申告する。このとき消費者 i の入札額 b_i は他の消費者に知らされない。
2. 落札者は入札額が高い順に M 人の入札者が選ばれ、落札者の支払額 β は $M + 1$ 番目の入札額となる

もし M 番目の入札額を付ける消費者が複数人いる場合は、その中から抽選でランダムに落札者を選ぶ。また落札対象者が財の数 m より少ない場合には最も低い入札額が落札価格となる。

3.2 Gale-Shapley (GS) メカニズムを利用した座席配分決定メカニズム

次の段階として落札者への席の配分を決める。席の配分を消費者と席のマッチング問題と捉え、安定マッチングを実現する Gale-Shapley (GS) メカニズムを導入する。以下に座席配分決定へ適用した GS メカニズムについて説明する。

Step 0)

消費者と運営者は互いの希望を表明する。具体的には、消費者 i ($i = 1, 2, \dots, n$) は希望する席の種類を順序を表明し、運営者は入札額の高い消費者を順に希望するものとする。座席配分決定メカニズムでは種類の配分のみを考慮する。

Step 1)

消費者 i は第一希望の席が仮予約される。ある席の種類で席数以上の消費者が集まった場合、入札額が大きい消費者から順に席が割り当てられる。入札額が低いために、仮予約できなかった消費者はその席から外される。

Step k)

Step $k - 1$) で仮予約から外された消費者に、次に希望する席の種類を割り当てる。このときある種類の席に席数以上の消費者が集まった場合、その種類の席を仮予約していたかどうかとは無関係に、入札額が大きい消費者から順に仮予約する。

最終 Step)

仮予約から外されるプレイヤーがいなくなった時点で席の配分を終了する。このとき仮予約している席が正式に予約する席となる。

ただし、席の希望の表明の際、必ずしも全ての席の種類を選択する必要はない。ある種類の席を希望しなくなれば、希望から外すことでその種類の席は配分されない。つまり、全ての席の種類を表明しない限り、席が配分されない場合もあり得る。

4. 被験者実験による入札意思決定の分析

提案するメカニズムのもとで、人間が意思決定をするものであり、それは利得最大化という目的に対して必ずしも理論が想定するような合理的行動をとらない意思決定主体がオークションに参加することを意味する。そこで、被験者実験によって提案メカニズムにおける実際の人間の意思決定を分析する。

4.1 実験経済学に基づく被験者実験

被験者実験を通じて、経済理論の妥当性を検証したり、理論的には確定しない制度の効果を検討しようとする試みは、実験経済学として確立されている [Friedman 94]。実験者は経済理論の想定する環境を実験室内に人工的に作り、被験者に実験の得点に応じた報酬を支払う。そうすることで、実際の経済的インセンティブが与えられ、統制された環境下での人間の経済的意思決定を分析することが可能である。本研究では、この方法論を採用し被験者実験を行っている。

2008 年 1 月 8 日と 1 月 24 日に、東京大学において実験を行った。実験の被験者は東京大学の学部生と大学院生から募集した。被験者は 8 名であった。実験は経済実験専用のアプリケーション z -Tree [Fischbacher 07] を用いた。また、実験終了後には、実験結果に比例する報酬として、被験者には 10 点を 1 円に換算した額に参加報酬として 1000 円を加えた額を支払った。

4.2 パラメータ設定

パラメータは表 1 に示したものをを用いた。各被験者の留保価格については 300 ~ 3000 を 300 単位でランダムに与えた。また、座席の種類は 3 種類 ($L = \{1, 2, 3\}$) とし、その選好順序 (p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}) を、(1,2,3), (1,3,2), (2,1,3) の中からランダムに与えた。留保価格と選好順序はターン毎にランダムに変更した。

表 1: 被験者実験のパラメータの設定

n (被験者の数)	4
l (席の種類の数)	3
m_k (席の種類 $k \in L$ に割当てられた席数)	1
R_{i2}/R_{i1} (プレイヤー i が最も選好する席に対する 2 番目の席の留保価格の変化率)	0.8
R_{i3}/R_{i1} (プレイヤー i が最も選好する席に対する 3 番目の席の留保価格の変化率)	0.6
b_{\max} (最大入札限度額)	3000
b_{\min} (最小入札限度額)	0

4.3 被験者の意思決定手順

実験において、被験者には消費者として役割が与えられる。被験者は 4 人 1 グループとしてオークションに参加する。実験における被験者の手順は以下の通りである。

1. 各席についての留保価格と選好順序が、画面に表示される。

2. 表示されている情報に基づいて、入札額と席の希望順序を決定する。
3. 同じグループ内の被験者の意思決定の終了を待つ。
4. そのターンの入札額、座席の予約の有無、予約した席の種類、そのターンの利得、トータルの利得が結果として画面に表示される。
5. 1. に戻る。

以上の手続きを 1 ターンとし、ゲーム終了まで意思決定を繰り返す。

4.4 被験者実験の結果

被験者実験の結果を表 1 に示す。表 1 は、横軸に被験者があらかじめ与えられた留保価格を、縦軸に実際に入札価格をとり、全ての被験者の入札価格をプロットしている。なお、グラフ上の点の大きさは入札された回数的大小を表している。図から留保価格通りに正直に入札している場合が多いことが分かる。さらに、注目すべきは、留保価格が 1500 以上では、入札価格の最大額である 3000 を選択している被験者が多いことである。すなわち、留保価格が高くなれば実際の落札価格はそれよりも低くなると予想し、利得がマイナスになるリスクを伴うが、良い席を求めるために 3000 を入札するという意思決定を行っているのである。

表 2 には、代表的な被験者の 3 つの行動パターンを示す。表中の (a) ~ (b) はそれぞれ 1 人の被験者の意思決定を表している。表 2(a) は、留保価格をそのまま正直に入札する被験者である。表 2(b) は留保価格が低い場合には、正直に入札し、高い留保価格になれば入札最大額の 3000 を入札する被験者である。一方、表 2(c) では (b) と似たような行動をとるが、留保価格が低い時に、それよりも低い価格で入札するという意思決定を行っている。

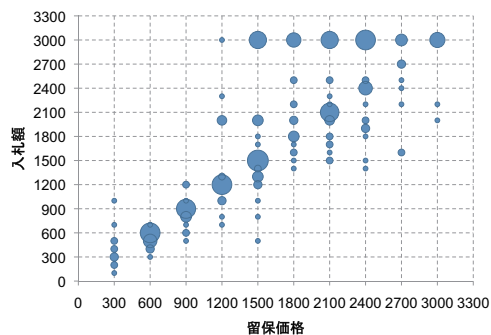


図 1: 被験者実験結果：入札価格の分布

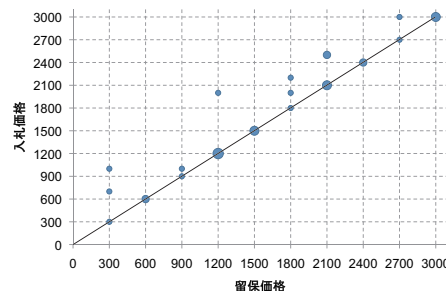
5. マルチエージェントシミュレーションによる検証

被験者実験から分かった入札意思決定における人間の特徴を消費者エージェントに持たせ、そのような種々のエージェントから構成されるマルチエージェントベースシミュレーションを行い、提案メカニズムの検証を行う。

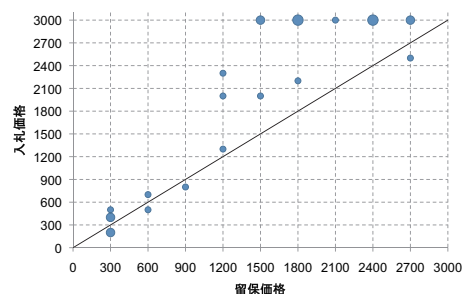
5.1 消費者エージェント

以下のような消費者エージェントを構築した。

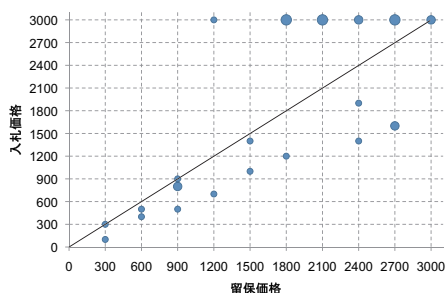
- 正直入札型
留保価格の額を入札する。席の選好は選好通り全ての席を希望する。



(a) 正直入札型



(b) 最大額入札型 1



(c) 最大額入札型 2

図 2: 被験者の行動パターン

- 最大入札型 1
留保価格が 1800 以上の場合は最大入札限度額を入札する。1800 未満の場合は留保価格の額を入札する。席の選好は選好通り全ての席を希望する。
- 最大額入札型 2
留保価格が 2400 以上の場合は最大入札額を入札する。留保価格が 900 ~ 1800 の間は留保価格通りに入札する。留保価格が 900 以下の場合は留保価格から 300 引いた額を入札する。席の選好は選好通り全ての席を希望する。

これらに加え、適応的に合理的な行動を探索する学習エージェントを組み合わせる。学習エージェントは、他人の留保価格を知らないものの、他人の情報や行動を探索するタイプのエージェントであり、学習をすることによって最も利得が高くなるような行動を選択する。これは現実で考えると、留保価格の分布パターンや席の選好の片寄りについて他人より多く情報を持つ情報通の消費者があてはまると考えられる。

5.2 留保価格の分布パターン

エージェントに与える留保価格の分布を変えることで、消費者のコンテンツに対する質や劇場全体の席の質に対する評価の違いを表現する。以下に示す 5 つの分布パターンを用いる。

- コンテンツの質が一般的な場合
 $N(1500, 500^2)$ の分散が大きい「広めガウス分布」
- コンテンツの質が高い場合
 $N(2000, 300^2)$ の平均が高い「高めガウス分布」
- コンテンツの質が低い場合
 $N(1000, 300^2)$ の平均が低い「低めガウス分布」
- 一部に熱狂的なファンがいるニッチなコンテンツの場合
 ポアソン分布の右端が膨れた「ニッチ分布」
- 人によって評価が様々なコンテンツの場合
 $0 \sim 3000$ まで等確率で与えられる一様分布

5.3 シミュレーション設定

シミュレーションにおけるパラメータの設定は表 2 の通りであり、その他のパラメータは被験者実験と同じものを用いた。また、消費者エージェントの組み合わせとして、正直入札型が 20、最大入札型 1 が 10、最大入札型 2 が 10、学習エージェントが 10 とした。正直入札型を多くしているのは、被験者実験で留保価格通りに入札するケースが多く観察されたからである。

また、比較する価格制度として、チケットの価格が一律 600 である低めの固定価格と、チケット価格が一律 1800 である高めの固定価格の 2 つの場合を用いる。

表 2: シミュレーションのパラメータの設定

n (エージェントの数)	50
l (席の種類数)	3
m_k (席の種類 $k \in L$ に割当てられた席数)	8
M (総席数)	24

5.4 シミュレーション結果

表 3~5 にシミュレーションの結果を示す。表 3 は劇場運営者利益が示されており、運営者の利益は全ての留保価格の分布において、固定価格の場合よりも上回っていることが分かる。

表 4 には、全ての消費者の利得の合計である消費者余剰の結果を示している。表より、高めの定額制度と比べると、提案制度は高めガウスの場合を除いて消費者余剰が高くなっている。高めガウスの場合には、多くの消費者が最大額を入札しようとして、自身の留保価格よりも高い価格でチケットが落札されることになるケースが多く発生し、余剰がマイナスになっている。一方、低め固定価格と比べると提案制度は、ほとんどの場合で消費者余剰は下回っている。これは低い定額制度なら当然の結果であり、消費者余剰は増加するが運営者余剰は減少することになる。しかし、ニッチの場合は提案制度が低め定額制度よりも上回り、効率的に配分できている。

表 5 には、運営者利益と消費者余剰を合計した総余剰を示している。劇場サービスとして総合的に見れば、提案制度がすべての場合において、定額制度よりも総余剰は高くなっており、効率的なメカニズムであることが分かる。

6. おわりに

本研究では VCG メカニズムと GS メカニズムを用いて、座席予約を考慮したオークションメカニズムを提案した。被験者実験から代表される 3 種類の入札行動のパターンが観察され、その性質を有したエージェントを構築し、マルチエージェントシミュレーションを行った。その結果、低価格の定額制度には消費者余剰の点で劣るが、劇場運営者や総余剰では提案メカニズムが効率的に機能することが示された。

表 3: 劇場運営者の利益

	提案制度	低め固定	高め固定
広めガウス	35422	14400	25492
高めガウス	47446	14400	32166
低めガウス	23225	14400	347
ニッチ	17526	14336	14638
一様	36431	14400	31224

表 4: 消費者余剰

	提案制度	低め固定	高め固定
広めガウス	5147	19360	3936
高めガウス	-1547	27889	4577
低めガウス	2187	7996	9.9
ニッチ	12250	11579	3380
一様	11768	24743	9420

表 5: 総余剰

	提案制度	低め固定	高め固定
広めガウス	40568	33760	29428
高めガウス	45899	42289	36743
低めガウス	25512	22396	357
ニッチ	29776	25923	18018
一様	48199	39143	40644

参考文献

- [Clarke 71] Clarke, E. H.: Multipart pricing of public goods, *Public Choice*, Vol. 11, pp. 17-33 (1971)
- [Courty 00] Courty, P.: An Economic Guide to Ticket Pricing in the Entertainment Industry, *Louvain Economic Review*, Vol. 66, pp. 167-192 (2000)
- [Fischbacher 07] Fischbacher, U.: z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments, *Experimental Economics*, Vol. 10, No. 2, pp. 171-178 (2007)
- [Friedman 94] Friedman, D. and Sunder, S.: *Experimental Methods: A Primer for Economics*, Cambridge University Press (1994), (邦訳 秋永利秋, 内木哲也, 川越敏司, 森徹: 実験経済学の原理と方法, 同文館, (1999))
- [Gale 62] Gale, D. and Shapley, L. S.: College Admissions and the Stability of Marriage, *The American Mathematical Monthly*, Vol. 69, No. 1, pp. 9-15 (1962)
- [Groves 73] Groves, T.: Incentives in teams, *Econometrica*, Vol. 41, pp. 617-631 (1973)
- [Rosen 74] Rosen, S.: Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition, *The Journal of Political Economy*, Vol. 82, No. 1, pp. 34-55 (1974)
- [Vickrey 61] Vickrey, W.: Counterspeculation, Auction, and Competitive Sealed Tenders, *The Journal of finance*, Vol. 16, pp. 8-37 (1961)
- [横尾 06] 横尾 真: オークション理論の基礎, 東京電機大学出版局 (2006)