

Gaudiy-Sakai 二段階オークション方式の設計について

坂井 豊貴, 石川 裕也, 後藤 卓也

われわれはブロックチェーンゲームのカード販売のために、新たなオークション方式を設計し、実際に活用した。それは競り上げ式オークションの一種であり、オークション過程のなかで、価格のみならず販売枚数も決めることを特徴としている。われわれはこの方式が、デジタル財の供給量を定めるという長年の未解決問題を、少なくとも実務レベルで解決するものだと考えている。この方式は、近年脚光を浴びる NFT の販売にとりわけ向いており、われわれが販売したカードも NFT として発行されている。

キーワード：販売枚数の決定, 競り上げ式オークション, NFT (非代替性トークン), ブロックチェーン

1. デジタル財のオークション

われわれはデジタル財 (digital goods) を販売するための新しいオークション方式を設計し、実際のビジネスで活用した。この方式はオークション理論における一つの重要な未解決問題を、少なくとも実用レベルで解決するものだとわれわれは考えている。応用先は広く、オンライン上のカード、チケット、会員権などのプライマリー市場での販売があげられる¹。専門的な分析については Sakai, Goto and Ishikawa [1] にまともてある²。

デジタル財とはオークション理論 (経済学と計算機科学の融合領域) の用語で、ほぼタダでいくらかでも生産できる商品のことだ。オンライン上のカード、チケット、会員権などは 100 個でも 1,000 個でも、どちらもほぼタダで生産できる。厳密にいうと、商品の設計についての固定費用はかかるが、いったん設計したらそれを 100 個コピーするのも、1,000 個コピーするのも、どちらもほぼタダである³。

それでは生産者は、何個生産すればよいのだろうか。あまりに多く生産したら希少性がなくなって、価格はゼロに下がる。逆に 1 個しか生産しなければ希少性が高まり、価格は上がるが 1 個しか売れない。利益が一番高まる個数を選べるとよいのだが、その数がいくつかはわからない。価格 p のもとで売れる個数を $D(p)$ とすると、 $p \times D(p)$ を最大化する p^* を見付けられればよいのだが、そもそも $D(p)$ がわからないわけであ

る。経済学の言葉でいうと、需要関数 D の形状が不明である。

われわれが今回販売するのは、ブロックチェーンゲーム CryptoSpell での新カードであった。ブロックチェーンゲーム自体が新しいタイプのゲームであり、そこでの新カードとなると、参考になる別の商品さえもないというのが置かれた状況であった。なお、この新カードは NFT (non-fungible token, 非代替性トークン) というブロックチェーン上で所有が記録されるデジタル財で、所有者はそれを転売することができ、一定の資産性を有している⁴。

こうしたデジタル財のオークションでは、これまで Goldberg and Hartline [7] によるランダムサンプリング方式、およびデュアル価格方式が一部の理論家に注目されてきた。前者は大まかにいうと、参加者の一部をランダムに選び、そのグループ内でオークションしてある種の最適価格を計算し、その価格を残りの非サンプルグループに提示して販売するというものだ。⁵ 後者は、参加者をランダムに 2 グループに分け、それ

¹ プライマリー市場とは、商品が世に初めて出る市場のことである。たとえば絵でいうと、画家が最初に絵を売る市場がプライマリー市場で、その後所有者が転売する市場をセカンダリー市場という。世に初めて出る商品は、売り手が適切な値付けをすることが難しく、買い手に競争的に値付けしてもらうオークションが有効である。

² オークション理論の一般向け書籍として坂井 [2]、サーヴェイ論文として坂井 [3]、ビジネス活用を扱った一般書として坂井とオークション・ラボ [4] を挙げておく。

³ 経済学の言葉でいうと、財の生産に固定費用はかかるが、限界費用はゼロである。

⁴ ブロックチェーンゲームについては廃猫 [5]、NFT については天羽と増田 [6] を参照されたい。

⁵ この方式では、ランダムに選ばれたサンプルグループの人は誰も購入させてもらえない。

さかい とよたか
慶應義塾大学経済学部, 株式会社 Gaudiy
tsakai@keio.jp
いしかわ ゆうや, ごとう たくや
株式会社 Gaudiy

表 1 入札が計 10 件入ったときの例

入札額	30	28	28	25	24	22	21	21	18	15
落札	可	可	可	可	可	不可	不可	不可	不可	不可
支払額	22	22	22	22	22	0	0	0	0	0

それぞれに Vickrey 方式 [8] でオークションを行い、その結果を両グループで交換して適用するというものだ。いずれの方式も耐戦略性を満たすが、非常にトリッキーで現実の参加者が受け入れてくれるとは想像しがたいものであり、われわれはそれらを選択しなかった。また、Vickrey 方式は過度の低収益を導く可能性があることを懸念した [9]。

また、われわれはこれまでブロックチェーンゲームのカード販売で用いられてきた既存の方式（ある種の競り下げ式）は避けたいと考えた。落札や価格の決定に運任せの要素が強いこと、ルールが必ずしもすべて開示されていないこと、一物一価が満たされていないことなどを問題視したからだ。そこで考案したのが、われわれが Gaudiy-Sakai 二段階方式と呼ぶ、二段階の競り上げ式オークションである。ユーザーがフェアな仕組みとじてくれること、オークションへの参加がしやすいこと、および適切な競争がなされることをわれわれは目指した。また適切な競争を通じて、価格がユーザーに納得のいく範囲で上昇し、販売側が事業に必要な収益を確保できるというのも大切なことであった。

2. Gaudiy-Sakai 二段階方式

最終的にわれわれは、次の二段階方式の設計に至った。オークションは 7 日間にわたり開かれ、それらは最初の 6 日間と、最後の 1 日間に分けられた。どの日にも参加者は入札でき、入札額を上げることができる。そして誰もが通計で 2 枚まで入札できる。2 枚を上限としているのは、1 人の入札者が多量に落札してゲームバランスが崩れることを避けたかったからだ。

第一段階（1～6 日目 枚数の決定） それぞれの参加者は入札する。6 日目の最後の時点で入札数が M だとして、このとき M の半分の $0.5M$ が、カードの販売枚数になる (M が奇数のときは切り上げ)。この時点で入札の下半分は、このままでは落札できない。第一段階で初回の入札をしておく、第二段階の後に落札できたとき、10%の割引がなされる。これにより参加者は第一段階に入札する強いインセンティブをもつ。
第二段階（7 日目 勝者と価格の決定） 競り上げ競争が本格的に始まる。 M の入札があるところへ、 $0.5M$ 枚しか販売されないで、購入をめぐって競り上げが

なされる。7 日目に新たに入札してくる人も少数だがいるので、競争はその分激しくなる。

7 日目が終わると「 $0.5M + 1$ 番目の入札額」が価格となる。たとえば $M = 10$ だと、最終時での入札額のなかで $5 + 1 = 6$ 番目に高い額が価格となる。つまり「最高負け入札額」(highest losing bid) が価格となる。上記の表の例でいうと、その価格は $p = 22$ である。

このプライシングのメリットは多くある。

1. **一物一価の尊重** 同じ枚数を買う人たちは、同じ価格を払うことになる。これは「等しいものを等しく扱う」という公正の原則にかなう。また、ブロックチェーンゲームのカードはセカンダリー市場で取引されることが多いのだが、プライマリー市場で価格が乱立しないほうが、セカンダリー市場で価格への合意形成がしやすくなる
2. **入札の負担を大幅に低減** カードを欲しい人は、あらかじめ自分が最大で支払ってよい額を入札しておけば、後は入札の経過をいちいち観察する必要がなくなる。
3. **締切ラッシュ入札を予防** 競り上げ式のオークションでは、締切間際に入札が殺到する「締切ラッシュ入札」がよく起こる [10]。そのようなオークションでは、自分の入札額がそのまま自分の支払額になると設定されているからである。この現象はオークションの勝者を、高く払った人ではなく、運よいタイミングで入札できた人になってしまう。つまり競争を通じた価格形成が行われず、オークションのメリットが大きく削がれてしまう。われわれのプライシングだと入札者は、締切より前に「自分が最大で支払ってよい額」を入札しておけば、締切ラッシュ入札に加わる必要がない。

3. 結果

われわれはこの新方式を、ブロックチェーンゲーム CryptoSpells 内でのカード「Yuki」の販売に用いた (CryptoGames Inc. 発行)。期間は 2020 年 3 月 6 日から 13 日にまたがる 1 週間である。第一段階には 148 名の参加者から 258 枚分の初回入札があり (1 名で最大 2 枚への入札が可能)、第一段階の終了後に 129 枚

($0.5 \times 258 = 129$) のカードが発行されることが確定した。この時点で上から 130 番目の入札額は 2,398 円であった。第一段階において締切間際でのラッシュ入札は起こらなかった。

第二段階には新たな 10 名の参加者から 13 枚分の初回入札があった。したがって全オークション期間中、271 枚分の入札のうち 258 枚分、また 158 名の参加者のうち 148 名が第一段階でエントリーしたことになる。このことから、10%の割引クーポンは、第一段階にエントリーするインセンティブを十分に与えたものと考えられる。

2,398 円から始まった価格は、最終的には 9,000 円になった。これがカード一枚あたりの価格である。最終時点で 8,000 円台の入札も多くあり、この競り上げは十分に競争的であったといえる⁶。

落札に成功した「勝ちビッド」の平均額は 13,596 円であった。価格は 9,000 円なので、これは購入者に十分な満足を与えているものと推察される。また、売り手の収益は $9,000 \text{ 円} \times 129 \text{ 枚} = 1,161,000 \text{ 円}$ で、これは予想を大きく上回る金額であった。

締切ラッシュ入札は起こらなかった。実際、締切間際の 21:40–21:49 の 10 分間と、21:50–21:59 の 10 分間での入札額の変更件数に、統計的に有意な違いは見られなかった。

4. おわりに

われわれが新方式の設計に込めた意図はすべて実際に達成された。なぜそのように上手くいくのかについては、Sakai, Goto and Ishikawa [1] で数理モデルに基づく一定の説明がなされている。ただし、この新方式の理論的な性能は、まだ多くが解明されているわけではない。実際、第一段階での入札数の半分以上を販売枚数にするという重要な設定について、確たる理論的な

根拠はない。この設定は、著者の一人、坂井が過去の設計の経験から「販売個数が欲しい人の半数以下であれば、競争が起こる」と考えたためである。実際にこの方式を用いたわれわれの感触としては、この方式は十分実用に耐えるものであり、デジタル財のオークション設計という長年の未解決問題を一定の実用レベルで解決したと考えている。

参考文献

- [1] T. Sakai, T. Goto and Y. Ishikawa, A two-stage ascending auction protocol for digital goods, <https://prtimes.jp/a/?f=d35719-18-pdf-0.pdf> (2021 年 12 月 9 日閲覧)
- [2] 坂井豊貴, 『マーケットデザイナー—最先端の実用的な経済学—』, 筑摩書房, 2013.
- [3] 坂井豊貴, “政府や自治体によるオークション理論の活用へ,” 『効率的な政策ツール研究会報告書』(第 5 章), pp. 67–93. 財務省財務総合政策研究所, 2014.
- [4] 坂井豊貴, オークション・ラボ, 『メカニズムデザインで勝つ—マイクロ経済学のビジネス活用—』, 日経 BP, 2020.
- [5] 麿猫, 『ブロックチェーンゲームの始め方・遊び方・稼ぎ方』, 技術評論社, 2021.
- [6] 天羽健介, 増田雅史, 『NFT の教科書—ビジネス・ブロックチェーン・法律・会計まで デジタルデータが資産になる未来—』, 朝日新聞出版, 2021.
- [7] A. V. Goldberg and J. D. Hartline, “Competitive auctions for multiple digital goods,” *European Symposium on Algorithms*, pp. 416–427, 2001.
- [8] W. Vickrey, “Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders,” *Journal of Finance*, **16**, pp. 8–37, 1961.
- [9] R. Engelbrecht-Wiggans and C. M. Kahn, “Multi-unit auctions with uniform prices,” *Economic Theory*, **12**, pp. 227–258, 1998.
- [10] A. E. Roth and A. Ockenfels, “Last-minute bidding and the rules for ending second-price auctions: Evidence from eBay and Amazon auctions on the internet,” *American Economic Review*, **92**, pp. 1093–1103, 2002.
- [11] L. M. Ausubel, P. Cramton, M. Pycia, M. Rostek and M. Weretka, “Demand reduction and inefficiency in multi-unit auctions,” *Review of Economic Studies*, **81**, pp. 1366–1400, 2014.

⁶ これは需要削減 (demand reduction) という、著しく低い価格がナッシュ均衡として実現する現象を回避できたことを意味する [11].