

交通分野におけるマルチエージェント理論の活用

畑 秀明*・原 祐輔†・東藤 大樹‡

1. はじめに

人工知能領域におけるマルチエージェントシステム (MAS) のコミュニティでは、理論の交通分野への応用が議論されて久しい。とくに、市場理論の適用によって、資源（ここではモビリティやサービス）を効率的にユーザへ配分しようとする立場から、メカニズムデザイン／マーケットデザインに基づく交通研究が盛んである。実際、MAS に関する国際会議 International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS) でも、交通分野にメカニズムデザイン理論を適用した研究成果が数多く報告されている。

2010 年代以降の、Uber や Lyft などのモビリティシェアリングサービスの広まりとともに、MAS コミュニティにおいても、モビリティシェアリングに関するメカニズムデザイン研究が盛んに行われるようになった [1–3]。たとえば、Zhao ら [1] は、メカニズムデザイン理論におけるデファクト・スタンダードともいえる Vickrey-Clarke-Groves (VCG) メカニズムが、現実の複雑なモビリティシェアリングの場面ではうまく動作しない可能性があることを指摘し、代替となるメカニズムを提案している。

一方、電気自動車の充電計画 (electric vehicle charging) についても、おもにメカニズムデザインの立場から、MAS 分野の研究者による多数の論文が出版されている [4–7]。Gerding ら [4] は、電気自動車の充電権の販売をメカニズムデザインの問題としてモデル化し、正直が最良の策となるようなメカニズムを提案している。また、Stein ら [5] は、英国における現実の EV データを用いて、提案したメカニズムの性能評価を行っている。

現代社会の持続可能な発展のためには、電気自動車の利用やモビリティシェアリングの拡大は不可欠であり、マルチエージェントシステム研究がこれらの事例を対象とするのも自然な流れといえよう。以降では、モビリティシェアリングに着目し、その数理モデルと、国内での事例を紹介する。

2. モビリティシェアリングのメカニズムデザイン

カーシェアリングやバイクシェアリングといったモビリティシェアリングサービスにおいて、既存のレンタカーやレンタサイクルと異なり、1 回の移動のためだけの利用、ステーションへの乗り捨てが可能といった移動の自由度を持ったサービスが生まれ始めている。このような都市の中に埋め込まれた新たな交通サービスは既存の私有交通（自家用車）や公共交通とは異なる新しい役割を担い始めている。しかし、自由な移動を実現しようとするモビリティシェアリングには 1) 移動需要の時間的・空間的偏りが引き起こす車両の偏在化、2) ステーションにおいて利用者間で車両を引き渡す場合の時間的・空間的マッチングの困難性という二つの大きな課題が存在する。この二つの課題に対処せずに交通サービスの運用を行うと非効率な資源配分が実現することとなる。

そこで、社会的厚生（利用者にとっての評価値の総和）を最大化するような割当メカニズムとして、モビリティシェアリングの利用権オークションを考える [8,9]。その際に重要となるのは各利用者のトリップ間における時空間 OD (origin-destination) 接続条件を満たしつつ、各利用者が自身の私的情報である利用権に対する評価値を正直に表明するメカニズムが必要となる。

各利用者が自身の評価値を正直に表明した場合、社会的厚生を最大化する割当問題は以下の式で定式化できる。

$$\max_x \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \sum_{pq \in L} v_{pq}^i(t) x_{pq}^i(t) \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{i \in I} \sum_{pq \in L} x_{pq}^i(1) + \sum_q x_{qq}^S(1) = \mu, \quad (2)$$

$$-\sum_{i \in I} \sum_{p \in N} x_{pq}^i(t-1) - x_{qq}^S(t-1) + \sum_{i \in I} \sum_{p \in N} x_{qp}^i(t) + x_{qq}^S(t) = 0, \quad t = 2 \cdots T, \forall q \in N \quad (3)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{pq \in L} x_{pq}^i(t) \leq 1, \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$x_{pq}^i(t) \in \{0, 1\} \quad \forall pq \in L, \forall i \in I, \forall t \in T \quad (5)$$

$$x_{qq}^S(t) \in \mathbb{N}, \quad \forall q \in N, \forall t \in T \quad (6)$$

ここで個人 $i \in I$ の時間帯 $t \in T$ 、移動 OD 需要 $pq \in L$ に

* 信州大学 工学部

† 東北大学 大学院 情報科学研究科

‡ 九州大学 大学院 システム情報科学研究院

Key Words: mobility sharing, mechanism design, experimental research.

対する評価値を v_{pq}^i 、割当結果を x_{pq}^i とする。 $x_{pq}^i(t)$ はステーション q に車両を置き続ける台数を表す。制約条件はそれぞれモビリティシェアリングサービスの容量制約 μ 、各時間帯・ステーションにおける時空間 OD 接続条件、各利用者は最大 1 回しかサービスを利用しない単一需要条件、各利用者の割当条件を表す。

上記の最適化問題を解くことで最適割当が得られるが、オークションの価格決定の仕組みによっては利用者は正直に自身の評価値を表明せず、高めに（または低めに）表明する可能性がある。たとえば、最高額を入札した入札者がサービスを入手し、自身の入札値と同額を支払う第 1 価格オークションの場合、もし自身の評価値で入札すると、落札時に得られる効用は（評価値）－（入札値）＝ 0 となる。そのため、各利用者は自身の効用を高めるために自身の入札値を評価値よりも低く入札するインセンティブが存在する。一方で、落札するためには他者の入札値よりも高く入札する必要がある。このようなオークションメカニズムのもとでは互いに読み合い行動が発生するため、入札値＝評価値が必ずしも成立せず、結果として真の評価値を入手不可能なため、上記の割当問題を解くことにならない。そこで、Vickrey-Clarke-Groves (VCG) メカニズムを用いた利用権価格の決定を行う。このとき、各利用者の評価値ベクトル \mathbf{v} が与えられたときの利用者 i の支払額 $P^i(\mathbf{v})$ は次式で表される。

$$P^i(\mathbf{v}) = W(0, \mathbf{v}^{-i}) - W^{-i}(\mathbf{v}) \quad (7)$$

ここで、 \mathbf{v}^{-i} は個人 i 以外の利用者の入札値ベクトル、 $W(\cdot)$ はその入札値ベクトルにおける上記の最適化問題による割当結果時の目的関数値を表し、 $W^{-i}(\cdot)$ は $W(\cdot)$ の割当結果から個人 i を取り除いた割当者の評価値の総和を表す。この支払額は VCG payments とよばれ、利用者 i が \mathbf{v}^i の入札値で入札することがシステム全体の効率性に与える外部性を意味する。このような価格を設定することで、利用者は正直に入札を行い、その結果として、時空間 OD 接続条件を満たしたうえで、最適な割当を達成することができる。

この価格をさらに直感的に理解するために、LP 緩和問題の双対問題から、利用権価格の意味を解釈する。そのとき、時間帯 t 、OD 需要 pq の価格は

$$P_{pq}(t) = P_p(t) - P_q(t+1) \quad (8)$$

と分解することができる。これは利用権が割り当てられた利用者は自身が利用する時間帯 t 、ステーション p において、ステーション出発価格 $P_p(t)$ を支払うが、ステーション q に到着した際にはつぎの利用者が支払うステーション出発価格 $P_q(t+1)$ を受け取ると解釈できる。これは利用者自身の移動が発生させる車両移動は、つぎの利用者のために車両を運んできたと解釈することができるためである。このように、モビリティシェアの利用権

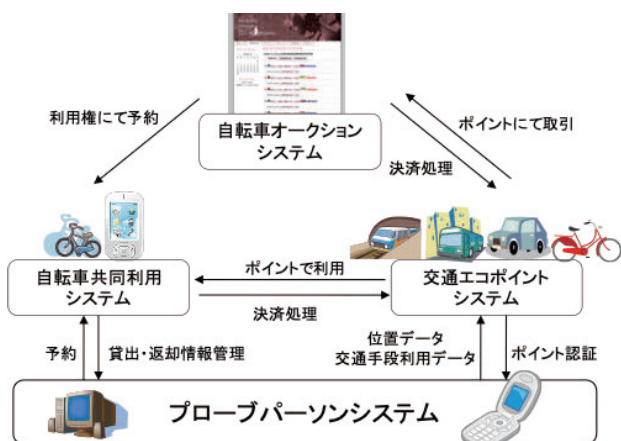
オークションは車両移動の外部性をステーション出発価格に内生化し、それぞれの OD 需要を接続することで各ポートでの時間帯別の出発する権利を利用者間で取引するように、価格が VCG メカニズムによって決定されている。これは現状存在するモビリティシェアサービスがたとえば 15 分 xx 円といった時間貸し料金となっていることと大きく異なる。この料金設計は車両占有に対する価格しか考慮できておらず、移動が実現する車両移動の外部性が価格に含まれていない。そのために、ステーション間での車両偏在が発生しているといえよう。

このような料金設計を自然なものと捉えれば、モビリティシェアが負の価格（つまり、サービス利用後にお金がもらえる）も状況によってはありうることが理解できる。たとえば $P_q(t+1)$ が $P_p(t)$ に対して著しく大きい状況を考えよう。それぞれの価格は正だが、その差分は負になることがわかる。これは朝の通勤時など多くの人が郊外から都心へ移動したい際に、都心方向から郊外へ移動する利用者がいれば、その利用者のサービス利用価格が負になる、つまりその利用者のおかげで別の利用者が再度、都心へ移動するために車両を利用できる正の外部性を生み出していることを示している。このように、各利用者の移動が生み出す外部性を内部化した価格にすることで、車両のリロケーションが適切に行うことができる。

3. 国内事例：横浜自転車シェアオークション

交通システムの通行権や利用権をオークション市場を用いて割り当てる理論研究は存在したものの、実証研究は見当たらないというのが 2000 年代前半の状況であった。そこで、実交通サービスを対象とした利用権オークションとしては世界で初めて実装し、実社会での利用者行動を調査した社会実験の例として、第二著者が実施した、モビリティデザインヨコハマにおける自転車シェアオークション [10,11] を紹介する。

この社会実験は 2008 年 11 月 10 日から 12 月 24 日にかけての 44 日間、横浜市内で居住または就業している人々たちを実験参加者として集め、GPS 移動軌跡を含む日々の交通行動データを収集した。横浜市内とみらい地区にて利用可能な自転車シェアリングシステムを実装し、その利用権を実験参加者間で購入・販売できるという枠組みで調査を行っている。この調査の全体像を第 1 図に示す。利用者はオンデマンドなモビリティサービスを利用する場合、まずオークションシステムを通じて、利用権販売／購入を行う。利用者の交通行動を GPS 移動軌跡とアクティビティダイアリーによって記録するプロブパーソンシステムによって記録された移動ログデータを交通エコポイントシステムに連動させることで、オークションシステム内での利用決済ポイントを認証し、残額確認を行ったうえでその処理に用いられる。取引が成立すれば予約が成立し、鍵番号が利用者の携帯電話に転



第 1 図 モビリティデザイン横浜調査の全体像



第 2 図 横浜自転車シェアの利用権オークションサイト

送されることになる。自転車の利用権の売買には第 2 図に示す Web サイトにて実施した。

この実験での自転車シェアリングの利用権はダブルオークションの取引プロトコルを用いている点が特徴である。株式取引のように利用者は売り手にも買い手にもなることができる。具体的には、実験開始時に各被験者にランダムに利用権が配布される。つぎに被験者はその利用権を自身で利用することやオークション市場にて取引することが可能であり、自由なタイミングで売りに出すことができる。別の利用者がその利用権を購入すれば取引が成立し、利用権が移転することになる。

日本国内でも商業的な自転車シェアリングがサービス展開されていない 2008 年に、交通サービスオークションという特殊な社会実験を 1ヶ月以上にわたって横浜みなとみらい地区で行った本実験は世界的に見ても先駆的な研究であったことは事実である。その一方で、自身のスケジュールの不確実性や取引の煩雑さにより利用権取引が活発化せず、理論通りの効率的な割当が実現しなかったという実証的な結果は、マーケットデザインやメカニズムデザインの理論研究を社会実装する際の困難さや課題

を浮き彫りにした。これらの知見から、マルチエージェント理論に基づいた実サービスを社会実装する際において、システムのユーザエクスペリエンス (UX) やメカニズムのわかりやすさがシステム性能に大きく影響を与えるボトルネックになりうることが示唆された。この経験は行動メカニズムデザイン [12] という新たな展開やつぎの NAIST カーシェアリングに活かされることとなる。

4. 国内事例：NAIST カーシェアリング

奈良先端科学技術大学院大学（以降 NAIST）において、第一著者が中心となって実施しているカーシェアリング実証実験 (<https://naist-carshare.github.io/>) の事例を紹介する。

4.1 概要

NAIST カーシェアリングは、顔が見えるコミュニティである大学構成員の学生と教職員を対象として、3 台の電気自動車、学内と最寄り駅の 2 地点の駐車場で、2016 年度に始まった乗り捨て可能カーシェアリングの実証実験である [13]。NAIST は大学院大学であり、学生は博士前期（修士）課程か博士後期（博士）課程の大学院生のみである。2020 年 6 月からは、予約ではなく、電気自動車の使用权をオークションで落札するモビリティオークション形式とし、入札額とともに乗り始めたい駐車場と時間帯を申告させることで自律的に車両を割り当てるメカニズムで運用している。

車両のメンテナンスや駐車スペースの一時的な使用不可で一部の設備が使えない時期もあったが、オークション形式として運用を開始した 2020 年 6 月から休止することなく運用している。2021 年 3 月から 2022 年 5 月の期間は 1 台分の駐車スペースを別拠点にも確保し、3 地点の駐車場であった。また、2022 年 4 月から車両が 1 台追加され 4 台となっている。

本カーシェアリング参加のためのユーザ登録には所定の書類の提出と講習会への参加を必須としている。学内の規則により、学生は軽自動車 2 台のみ使用することができ、教職員はどの車両も使用可能となっている。また、安全のため、学生は 1 回の使用時の総移動距離は 30km 以内に制限されている。移動距離が制限を超えた場合は理由書の提出を求め、注意や一定期間使用停止などの措置を講じている。

4.2 実施しているモビリティオークション

複数地点の駐車場で使用の開始と終了ができるカーシェアリングのシステムを、既存研究 [8,9] を参考に、またその著者らと意見交換しながらデザインした。このシステムでは、車両の割当はオークションにて自動で行われ、オークションの勝者にアプリ経由で車両の鍵がバーチャルキーとして配布され、走行後に利用者が充電器に接続して利用を終了する。つまり、このシステムは管理者を必要とせず、自律分散的なカーシェアシステムとなっ

第3図 NAIST カーシェアリングの入札画面

ている。3.節の事例も参照し、最適割当よりユーザエクスペリエンスやメカニズムのわかりやすさを重視した。

第3図に入札画面の例を示す。この入札情報を例にして以下に詳細を説明する。

(1) 入札

ユーザは次の1回の使用に対して、使用開始したい1地点と使用開始したい20分単位の時間帯に、支払ってもよい額を入札する。つぎの一回の使用に対して、ユーザが乗ってもよいと考える複数の時間帯に入札できる。第3図では、大学内駐車場（NAIST）からの開始において、16:00–16:20、16:40–17:00、17:00–17:20の三つの時間帯において、2.3、3.9、3の入札をしている。入札時には、いつ返却するか、どこに返却するかを事前に表明する必要はない。ただし、「exclusive time」の項目において、どのくらいの時間使う予定かを、1時間、2時間、それ以上、で入力してもらう。

(2) トークン

入札は暗号資産イーサリアム上のトークンで行う。このトークンはイーサリアムのテストネット上で用意しており金銭的な価値はない。ユーザは週に一回トークンを入手できる。初回に7トークンを入手でき、それ以降は前の週に使った分が補充される。これにより、登録タイミングによる先行者利益なく、すべてのユーザは毎週同額のトークンを保有してオークションに参加することになる。ユーザは保有するトークンから、0.1から7トークンの間を0.1刻みで入札できる。

(3) オークション

一人以上のユーザが入札している時間帯の開始時刻になった時点で結果を定める。入札された地点と時間帯に車両がある場合、使用可能な車両を入札額の高いユーザから順に割り当てる。入札値が同額のユーザがいる場

合は、「exclusive time」が短いユーザの割当順位を高める。ある時間帯のオークションに勝利し、車両を割り当てられた場合、そのユーザのそれ以降の時間帯への入札はキャンセルされる。

ある時間帯のオークションに勝利するまで、複数の時間帯のオークション結果を待つことができる。そのため、ユーザがある時間帯のオークションに敗北し、車両が割り当てられなかった場合、またはその時間帯の入札した地点に車両がない場合は、その時間帯で車両を使用開始することはできないが、その次以降に入札した時間帯で車両が割り当てられる可能性はある。

第3図の入札例において、たとえば、16:00の時点で使用可能な車両が大学内駐車場（NAIST）に1台もない場合、この地点での時間帯16:00–16:20のオークションは不成立となる。その後16:40までに車両が大学内駐車場に返却され、ほかのユーザの入札額が3.9より小さいとすると、第3図の入札をしたユーザは、指定された車両を大学内駐車場から16:40–17:00の時間帯で使用開始する権利を獲得する。

(4) 自動車の使用

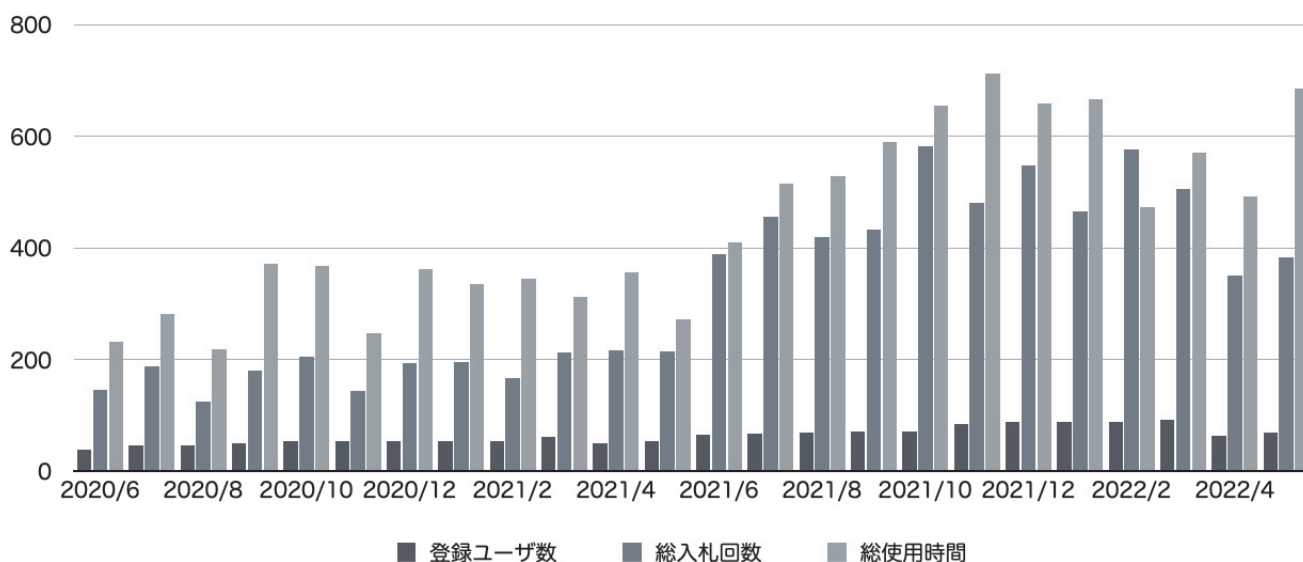
ある時間帯のオークションに勝利して車両を割り当てられたユーザは、その時間20分以内に開始ボタンを押して使用権を行使することで車両の使用が可能となる。開始ボタンが押されると、車両の施錠解錠を可能とするスマートフォンアプリにおいて、割り当てられた車両の操作が可能となる。いつ、どの駐車場へ返却するかを事前にシステムに入力する必要はない。設定された時間内に使用権を行使しない場合は使用権は失われる。ただしこの場合も支払いは必要となる。

設定された駐車場で充電ケーブルを車両に接続して充電を開始し、専用のスマートフォンアプリで施錠した後で終了ボタンを押すことで自動車の使用を終了する。終了した後はスマートフォンアプリで施錠・解錠はできない。終了後、任意のタイミングで自身の入札額を支払う。シンプルさのためにVCG paymentsではなく自身の入札額を支払額としている。支払いを完了するまで次回の入札はできない。

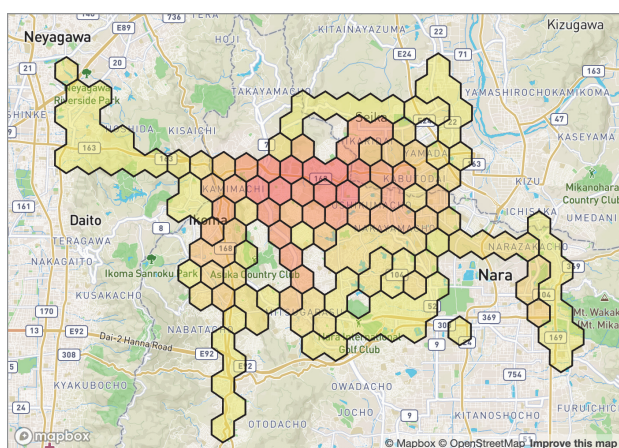
使用時間に制限は無いが、入札時に「exclusive time」で表明した時間経過後も使用を終了していない場合、「exclusive time」終了のメールで通知がある。またそれ以降も使用を続けている場合、ほかのユーザの入札に応じて返却を促すメールが届く。これは、終了ボタンを押すことを忘れたユーザへのリマインドともなっている。

4.3 使用履歴

2020年6月から2022年5月までの2年間の使用履歴を分析する。2年間の累積登録ユーザは111人であった。博士前期（修士）課程か博士後期（博士）課程の修了などにより大学構成員でなくなったユーザや自発的に退会したユーザは登録を解除している。期間内に43人の登



第 4 図 2020 年 6 月から 2022 年 5 月までの 2 年間の履歴

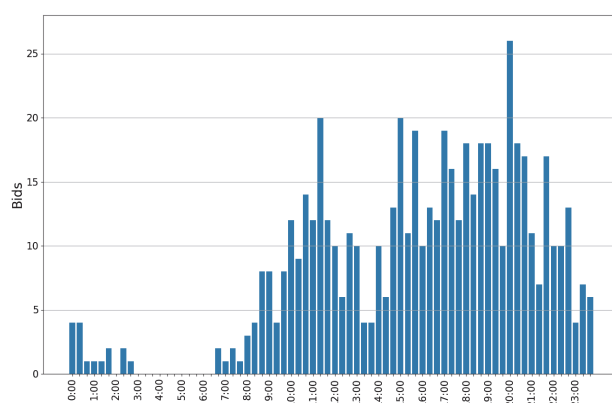


第 5 図 2021 年 10 月の移動先分布

録解除があり、2022 年 5 月末の時点で登録ユーザは 68 人であった。

第 4 図に、各月の登録ユーザ数、総入札回数、すべての車両の総使用時間の変遷を示す。登録ユーザ数は年度の始めから徐々に増え、修了した学生が登録解除する年度末に減る。最初の 2020 年 6 月の 39 人から 2020 年度末に 62 人となり、2021 年度末に期間最大の 92 人となった。一月あたりの総入札回数は、2021 年 10 月に 582 回を記録し、これが期間中で最も多い入札数であった。一月あたりの全車両の総使用時間は、2021 年 11 月に、期間中最大となる 711 時間を記録した。自動車 3 台で、それぞれ一日あたり平均 7.9 時間の使用時間である。

第 5 図は、期間最大の入札数のあった 2021 年 10 月の一ヶ月間の車両 3 台すべての移動先を可視化したものである。通過・滞在した頻度が高い領域ほど赤に、頻度が低い領域ほど黄色に表示している。図の中心に主要な駐車場のある大学と最寄駅があり、そこから近距離な地域に頻繁な移動が見られる一方、奈良市、生駒市南部、大阪府寝屋川市、京都府相楽郡精華町など、少し距離のあ



第 6 図 2021 年 10 月の時間帯ごとの入札回数

る近隣の自治体への移動があった。

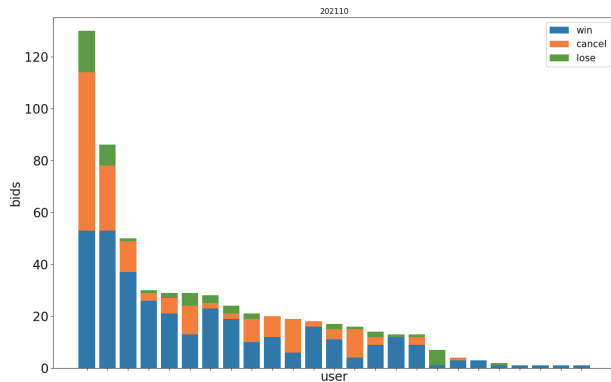
以下、期間最大の入札数のあった 2021 年 10 月について、入札、オークション結果、使用時間の分布などについて詳細を分析する。この月の登録ユーザ数は 70 人であった。

(1) 入札

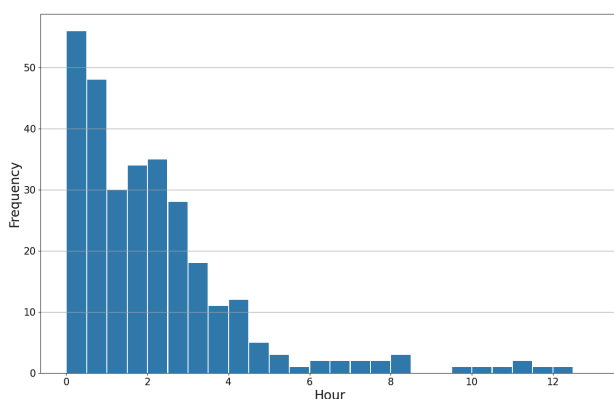
第 6 図に、20 分単位の時間帯における一月の入札回数の分布を示す。20:00-20:20 の時間帯に最も入札回数が多く、そのほかには、昼前に一回ピークがあり、午後には 15 時から 22 時あたりまでコンスタントに入札があることがわかる。また、深夜や早朝にも少数ながら入札が見られる。ほかの月でも、昼前と午後に多くの入札があるという同様の傾向が見られた。

(2) オークション結果

第 7 図は、2021 年 10 月に一度でもオークションに入札したユーザ 25 人に対して、それぞれの全入札におけるオークション結果ごとの内訳を積算した棒グラフである。オークション結果は、車両が割り当てられる「オークション勝利 (win, 青)」、車両がないため同じオークション参加者の誰にも車両が割り当てられない「オーク



第 7 図 2021 年 10 月におけるユーザごとのオークション結果（オークション勝利，オークション不成立，オークション敗北）



第 8 図 2021 年 10 月の一回あたりの使用時間の分布

ション不成立（cancel，橙）」，車両は他者に割り当てられる「オークション敗北（lose，緑）」のいずれかに分類される。

入札数に関しては，一月に 80 回以上入札したユーザが 2 人，10 回以上入札したユーザが 15 人，9 回以下が 8 人であった。どのユーザも少なくとも一回は使用できていた。入札したけれど車を使用できなかったケースのうちオークション敗北は，入札数の多いユーザに多く見られる。これは，ユーザは 1 週間に同額の 7 トークンを保持するため，高頻度で入札する場合は一回に少ないトークン数での入札，低頻度で入札する場合は一回に多めのトークンを入札するためであると推察される。車を使用できなかったケースの大部分はオークション不成立であった。これは，ユーザ数に対して使用可能な車両数が不足気味であるためと思われる。

(3) 使用時間

第 8 図に，2021 年 10 月の車両使用における一回あたりの使用時間の分布を示す。車両 3 台すべての使用時間の合計は 654 時間で，一回あたり使用時間の中央値は 1.8 時間であった。学内規則による学生への 30km 制限の効果もあり，ほとんどの使用は 2 時間程度までの短時間使用である。ただし，オークションに勝利して車両を割り当てられてから直ちに運転を開始せず，車両を確保

するという振る舞いも確認しているため，車両の割り当てや支払額の決定についてより良いメカニズムを開発する必要があると考えている。

5. おわりに

本稿では，モビリティシェアリングにおける数理モデルを議論し，国内での事例について紹介した。実証実験を実施している NAIST カーシェアリングは，メカニズムのわかりやすさによって活発に使われている一方，オークション不成立が増加しており，車両割り当てメカニズム改善が必要である。引き続き理論と実証の両面で研究を進め，社会実装に取り組みたい。

(2022 年 9 月 12 日受付)

参考文献

- [1] D. Zhao, D. Zhang, E. H. Gerding, Y. Sakurai and M. Yokoo: Incentives in ridesharing with deficit control; *Proc. AAMAS '14*, pp. 1021–1028 (2014)
- [2] A. Biswas, R. Gopalakrishnan, T. Tulabandhula, K. Mukherjee, A. Metrewar and T. Rajasubramaniam: Profit optimization in commercial ridesharing; *Proc. AAMAS '17*, pp. 1481–1483 (2017)
- [3] M. Lowalekar, P. Varakantham and P. Jaillet: Competitive ratios for online multi-capacity ridesharing; *Proc. AAMAS '20*, pp. 771–779 (2020)
- [4] E. H. Gerding, V. Robu, S. Stein, D. C. Parkes, A. Rogers and N. R. Jennings: Online mechanism design for electric vehicle charging; *Proc. AAMAS '11*, pp. 811–818 (2011)
- [5] S. Stein, E. H. Gerding, V. Robu and N. R. Jennings: A model-based online mechanism with pre-commitment and its application to electric vehicle charging; *Proc. AAMAS '12*, pp. 669–676 (2012)
- [6] Y. Xiong, J. Gan, B. An, C. Miao and Y. C. Soh: Optimal pricing for efficient electric vehicle charging station management; *Proc. AAMAS '16*, pp. 749–757 (2016)
- [7] J. Mrkos, A. Komenda and M. Jakob: Revenue maximization for electric vehicle charging service providers using sequential dynamic pricing; *Proc. AAMAS '18*, pp. 832–840 (2018)
- [8] 原，羽藤：乗捨て型共同利用交通システムに対する利用権取引制度の設計とその解法の提案；土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 70，No. 4，pp. 198–210 (2014)
- [9] Y. Hara and E. Hato: A car sharing auction with temporal-spatial OD connection conditions; *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 117, No. PB, pp. 723–739 (2018)
- [10] 原，羽藤：不確実性下における利用権取引制度の取引行動分析；交通工学，Vol. 46，No. 2，pp. 59–68 (2011)
- [11] Y. Hara and E. Hato: Analysis of dynamic decision-making in a bicycle-sharing auction using a dynamic discrete choice model; *Transportation*, Vol. 46, No. 1,

pp. 147–173 (2019)

- [12] Y. Hara: Behavioral mechanism design for transportation services: Laboratory experiments and preference elicitation cost; *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 115, pp. 231–245 (2018)
- [13] K. Nakasai, Y. Ikutani, D. Takata, H. Hata and K. Matsumoto: Toward sustainable communities with a community currency – a study in car sharing; *Proc. SNPD '19*, pp. 478–483 (2019)

著者略歴

はた 畑 ひで あき
秀 明



2012 年 3 月大阪大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。2013 年 3 月奈良先端科学技術大学院大学助教。2021 年 4 月信州大学工学部准教授となり現在に至る。実証的ソフトウェア工学研究に従事。博士（情報科学）。ACM, IEEE, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 日本ソフトウェア科学会 各会員。

はら 原 ゆう すけ
祐 輔



2012 年 3 月東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。同年 10 月東北大学助教。2015 年 JST さきがけ研究員（兼任）。2018 年 6 月 SMART 博士研究員。2020 年 10 月東北大学大学院情報科学研究科准教授。都市・交通データサイエンスの研究に従事。博士（工学）。土木学会, 都市計画学会, 電子情報通信学会 各会員。

とう どう たい き
東 藤 大 樹



2012 年 3 月九州大学大学院システム情報科学府情報学専攻博士後期課程修了。2013 年 12 月同大学院助教。2021 年 7 月同准教授となり現在に至る。マルチエージェントシステムやマーケットデザインの研究に従事。博士（情報科学）。ACM, AAAI, 人工知能学会, 情報処理学会, 日本ソフトウェア科学会 各会員。