

モビリティサービスのマーケットデザイン

栗野 盛光, 高原 勇

この 10 年の間に IoT 技術とその環境の進展に伴い、カーシェアリング、ライドシェアリング、自転車シェアリング、民泊サービスなどシェアリングという市場が登場し、拡大し続けている。財やサービスを共有（シェア）するということは、これまでも道路やバスなど公共財でも行われており、決して新しいものではない。近年登場しているシェア市場の財は、従来は共有できなかった私的財が、IoT 技術により共有できるようになったことに特徴がある。特に、時点時点で需要と供給をマッチさせるプラットフォーム登場が寄与するところが大きい。本稿では、シェアされる財とは何かを経済学的に定義し、シェア市場の特徴を議論し、特にモビリティに関するシェア市場が拡大するための市場デザインについて考える。

キーワード：モビリティサービス、シェアリング、市場

1. シェアリングサービスの到来

この 10 年の間に IoT 技術とその環境の進展に伴い、カーシェアリング、ライドシェアリング、自転車シェアリング、民泊サービスなどシェアリングという市場が登場し、拡大し続けている。財やサービスをシェア（共有）するということは、これまでも道路やバスなど公共財でも行われており、決して新しいものではない。経済学では伝統的に、その性質により、財を私的財、公共財、クラブ財、コモンズ（共有資源）と分類する。近年登場しているシェア市場の財は、従来はシェアできなかった私的財が、IoT 技術によりシェアできるようになったことに特徴がある。特に、時点時点で需要と供給をマッチさせるプラットフォームの登場が寄与するところが大きい。本稿では、シェアされる財とは何かを経済学的に定義し、シェア市場の特徴を議論し、特にモビリティに関するシェア市場のデザインについて考える。

2. シェアされる財の性質

まず、シェア（共有）される財とは何かを定義しよう。そのために、伝統的な経済学の分類を振り返る。財の分類は、排除可能性と競合性という二つの基準による [1]。排除可能性とは、財の所有者が、権利をもた

ない人々にその財を消費させないようにできることである。また、競合性とは、消費において競合していること、つまりある人がその財を消費することによって、ほかの人々がその財を消費できる量が減ることである。これにより、次のように財が分類できる。

- 私的財：排除可能性と競合性を満たす財
(例：アイスクリーム)
- クラブ財：排除可能性と非競合性を満たす財
(例：渋滞していない有料道路)
- 共有資源：排除不可能性と競合性を満たす財
(例：海中の魚)
- 公共財：排除不可能性と非競合性を満たす財
(例：渋滞していない無料道路)

上記の性質は程度が変わるので、一般に財を厳密に分類できるものではないが、シェア可能な財には、どのような特徴があるのだろうか。クラブ財、共有資源、公共財もシェアできる財であると言える。では、今日台頭しつつあるシェアされるようになった財は何だろうか。それは、耐久性のある私的財である。

耐久財とは、耐久性のある財であり、その消費により一瞬で消滅するような財（たとえば、食料品）ではなく、長期間にわたり消費が可能な財である。その性質により、耐久財は、各時点においてそれを消費するサービスを派生させる。ある個人が耐久財を購入し所有することは、全時間帯において耐久財から派生するサービスを消費・利用する権利を有していることを意味する。さらに、私的耐久財は、その私的財という性質上、所有者が占有・消費する時間帯がある一方で、そのほかの時間帯では、所有者が消費しない。その典型的な例が、近年シェアリングサービスに台頭しつつある民泊、自転車、自動車である。自動車は、通常 10 年

くりの もりみつ
慶應義塾大学経済学部、慶應義塾大学経済研究所マーケットデザイン研究センター
〒 108-8345 東京都港区三田 2-15-45
kurino@econ.keio.ac.jp
たかはら いさむ
筑波大学 未来社会工学開発研究センター
〒 305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1
takahara@sk.tsukuba.ac.jp

程度使用されることが想定されており、所有者は常に車を利用しているわけではない。また、所有者が個人でドライバーとして車を利用していたとしても、助手席や後部座席など所有者以外の人々も消費可能である。このように、所有者が消費しない時間帯に、所有者以外の人が財を消費する、つまりシェア（共有）の可能性が生じる。したがって、私的耐久財も派生サービスを通してシェア経済の対象となる。

本稿では、モビリティを対象にした市場に焦点を絞る。単純化のため、モビリティサービスを生み出す元の耐久財を移動体と呼び、それが派生させる財を派生モビリティサービスと呼ぶ。大まかに、移動体は、一般自動車、バス、自転車、バイク、電車、船舶、飛行機があり、上記で述べたような私的耐久財と言える。派生モビリティサービスの特徴は、ある地点から別な地点への移動で、定員があり、定員の範囲内で複数の人を運べることにある。言い換えると、定員未満では競合は生じず、定員超過では競合となり、混雑が生じる。よって、一台の移動体で、定員までの派生サービスを提供でき、相乗りの可能性がある。

また、近年のシェアリング市場のもう一つの特徴は、財の所有形態であり、主に二つある。

1. 一個人（複数の可能性もある）が私的耐久財を所有し（個人所有）、その派生サービスを提供する形態。これは、財が自動車の場合、ライドシェアという形で所有者がドライバーとなることが多い。定員まで複数人にサービスを提供できるため、相乗りも可能である。
2. ある組織が複数の私的耐久財を所有し（事業者所有）、派生サービスを提供する形態。これは、財が自動車の場合、シェアリングカーという形で、ほかの人ではなく、サービスを受ける側がドライバーになることが多い。

デジタル化の進展により、需給においてデータ収集による情報の蓄積、つまり情報の対称性を有するプラットフォームの存在が財の所有形態に影響を与える可能性が高い。

3. 派生サービス市場成立のための条件：IoT 技術をもとにした需給基盤と市場の厚み

マーケットデザイン（たとえば、文献 [2, 3]）によると、市場が成立するためには、市場の厚みと混雑の解消が必要である。市場の厚みとは、十分な市場参加者がいることである。一方で、市場に厚みがあると、混雑が生じ、市場の機能を阻害する。移動体の派生サー

ビス市場において、この二点、つまり市場の厚みと混雑の解消には、IoT 情報技術が不可欠であることを議論しよう。

伝統的な経済学での市場では、一つの財はすべての面（たとえば、質など）で同じであり、そして財一つひとつに価格が付けられ、その価格のもとで、消費者は予算制約の中でどんな量でも需要でき、企業は技術制約の中でどんな量でも供給できることが想定されている。しかし、近年台頭しているシェアリングサービスでは、ある時点での財の需要は一単位だけ、供給も一単位だけである（もちろん、複数単位の場合もあるが、定員までである）。たとえば、ライドシェアで、ある時点で、ある個人が地点 A から地点 B に移動するサービス、別な個人が地点 C から地点 D への移動サービスを望んでいるとしよう。この二つのサービスは、厳密には同じ財ではなく、必要な量は一単位である。したがって、通常の価格のみによる需給調整は十分ではなく、伝統的な需給分析は不十分である。価格（たとえば、移動距離に応じて）がすでに与えられている場合、買い手と売り手をマッチする必要が生じる。伝統的な市場では、このマッチは価格が調整し、マッチの問題は生じない。派生モビリティサービスの場合は、元の財保有者が所有しており、所有者が（何らかの対価で）ある時点でそのサービスを提供する意思があるかどうか第三者から観察することはできない。そのため、派生サービスの潜在的買い手は、購入する意思があるにもかかわらず、その取引を実行できない。このような状況を打開する具体的な方策技術が、IoT 技術を前提として、派生サービス需給を一括で処理する需給基盤（プラットフォーム）である。この基盤は、潜在的な買い手と売り手をマッチさせ、混雑を解消する役割を果たす。この市場はマッチング市場である。移動体が非自動運転の場合、人々が売り手と買い手に分かれ、互いにどの相手とマッチしたいかという選好をもつような二部マッチング市場 [4] となる。一方、自動運転の場合、買い手だけがどの売り手とマッチしたいかの選好をもち、売り手は人工知能を有する非分割財で、どの買い手とマッチすれば利潤が高くなるかで判断する優先順序（選好と同じ順序だが、人ではなく財である）をもつような非分割財配分マッチング市場（文献 [3] 参照のこと）となる。

このマッチング市場は、インターネット上の売り買いの制度により機能する。現在の多くのシェアリングサービスの制度は、潜在的売り手の情報を集約し、それを潜在的買い手に示し、潜在的買い手が先着順で自

分で好きな売り手を選ぶというものである。これにはさまざまな制度が考えられる。一つは、上記制度と逆で、潜在的買い手を集約し、潜在的売り手が買い手を選ぶような制度、あるいは、先着順ではなく、より集権的にマッチングアルゴリズムでマッチングを決めることも考えられる。ほかには、価格とマッチングを同時に決めるオークションもあるし、潜在的買い手と潜在的売り手が同時に公開され、個別に交渉を行うことも考えられる。マーケットデザインで一般にわかっていることは、どのような制度がよいかは、その市場の特徴や制約、財の性質により、異なるということである。これらの特徴や性質などを勘案して柔軟に最適な制度を市場ごとに考えることが大切である。

さらに、派生サービスの市場が成立するためには、市場に厚みをもたせることが非常に重要である。なぜなら、移動体は、ある一時点でその所有者（売り手）しか共有可能性を知らないからである。買い手もそれを消費したい時点は、その買い手しか知らない。したがって、売り手と買い手の希望する売買時点が一致することは難しく、一致しない場合は売買が成立しない。よって、潜在的な売り手と買い手を増やすことで、このような不一致を回避し、売買をよりスムーズにすることが共有財派生サービス市場の成立に極めて重要である。市場に厚みをもたせる手段は、できるだけ多くのモビリティサービスの取引を一元化し、同じ需給基盤上で取引を可能にすることである。つまり、移動体の種類（一般自動車、バス、自転車、バイク、電車、船舶、飛行機）を区別なく、また所有者（個人や事業者）も区別なくして、利便性を高めた統合した需給基盤（マッチングプラットフォーム）で扱うことである。

すべての移動体が統合された需給基盤のモビリティサービス市場では、バスや電車など従来の大量輸送機関によるサービスに加えて、シェアリングもある。前者は、その目的が多くの人を同時に輸送するモビリティサービスを提供することになるので、サービス利用者は運行時刻に合わせて利用する。一方、シェアリングは、個別対応がより柔軟であり、利用者にとっての利便性が高い。本特集の安東ら [5] は、筑波大学キャンパス内のモビリティサービスを対象に、従来型のバスにカーシェアとライドシェアを考慮したシミュレーションを行い、混雑の指標である平均待ち時間の分析を行い、シェアリングによりその混雑の程度が下がり、利便性が高まることを示している。

もう一つの派生サービス市場の条件は、個人情報の安心・安全な取引形態を実現することである。上で議

論したように IoT 技術を基盤としたインターネット上の売買システムが必要であるが、必然的に個人情報のやり取りが伴う。安心・安全でない情報システムで、利用者が余計な情報漏洩による（被害）費用を換算すると、利用者は市場の利用を敬遠するであろう。また、それらの情報を派生サービスの事業者が知りうること、さらにはその事業者が使用実態から生産計画の見直し（停止や拡大）や開発企画を行うことへの合意や受容性が求められる。

4. 派生サービス市場拡大のための企業戦略条件

派生モビリティサービス市場に参加する経済主体は、それを需給する買い手と売り手ばかりでなく、直接的には IoT 需給基盤を提供する企業、そして間接的には移動体を供給する企業からなる。ここで、IoT 需給基盤を提供する企業と移動体を供給する企業は同一の場合もある。このような経済主体が参加する派生モビリティサービス市場が拡大するためには、その価値を継続的に高める必要がある。このためには、

1. (派生サービス市場運営のための) IoT 需給基盤の一定周期の更新・整備
2. 移動体そのものの更新・整備
3. 移動体と派生サービス市場における企業の相互補完

が求められる。

IoT 需給基盤を運営する企業は、派生サービスに關する需給のマッチを提供するが、その精度を上げることが利便性を高めることになる。その精度は、遠隔、即時、広域、良質な IoT 共有サービス情報に關してである。マッチの精度を高めることは、より多くのマッチ整合案件を創出することにつながる。このためには、IoT 需給基盤を一定周期で更新・整備することが必要になる。一方で、移動体供給企業は、移動体の生産、整備、部分更新を行うことが派生サービスの価値を高めることになる。

IoT 需給基盤企業と移動体供給企業は、お互いを高め合う補完関係にある。IoT 需給基盤企業は、自ら扱う派生モビリティサービスに関する情報だけでなく、移動体に関する情報も同時に得ることができる。つまり、IoT 需給基盤企業は、ある特定の地域において、売り手がどのような車種を所有しているか、そして買い手がどのような車種の売り手を選び、どのようなときにサービスを購入するかなどの利用実態に関する情報を得る。いち早くこれらの情報を知るとは、移動体

供給企業にとって、現時点での同一車種の生産計画だけでなく、今後の開発動向にも重要な示唆を与える。一方で、移動体供給企業は、派生サービス市場が求めるような車種の開発を行うことで、サービスの価値を高め、IoT 需給基盤企業の収益につながる。つまり、IoT 需給基盤企業と移動体供給企業は、情報の共有と車種の開発により、お互いを補完する関係にある。

IoT 需給基盤企業と移動体供給企業は補完関係にあるので、派生モビリティサービス市場で得られた情報は共有されるべきである。しかしながら、IoT 需給基盤企業の事業行為が、移動体そのものの価値を変動させてしまう可能性がある。そのようなことが発生しうる情報や行為があるので、移動体供給者は、派生サービスに関する需給情報の非公開を望むことになることが考えられる。したがって、IoT 需給基盤企業と移動体供給企業は、垂直的統合を行うことでこれらの問題を回避することができる。あるいは、前述のとおり、移動体の価値変動を引き起こすかもしれない事業者への完全開示、部分開示、非公開についてはインセンティブを与えることも考えられる。これにより、派生サービス提供者と利用者、移動体の開発・生産、そして整備事業者と IoT 需給基盤で成立する原理モデルを創出することは、シェアリング経済の実現に極めて意義が大きい。筆者らは、ドライバーの速度開示に関して、現行の部分開示から完全開示に移行するような報酬と罰金の最適インセンティブ構造を考察したが [6, 7]、そのようなインセンティブ制度を IoT 需給基盤企業と移動体供給企業の間でデザインすることが必要となるであろう。

また、IoT 需給基盤企業は、派生サービスの需給情報を処理してマッチさせる役割を担っており、必然的にその情報を蓄積させるばかりでなく、知能化への循環とつながる。すなわち、絶対位置情報、時刻に紐づけられた派生サービス提供者、利用者の利用期間や用途などから、再利用状況の予測が始まり、移動体供給企業への需給要請（コール）が発生するシェア経済へ発展する可能性が大きい。

派生モビリティサービスとなりうる財を発見し、その IoT 需給基盤システムを開発した企業は、市場の厚みにより、市場占有度が極めて高くなり、利潤を得る。そして、派生サービス使用履歴を企業が解析することにより、個人の特性に応じたサービスを提供できるようになり、さらに市場は厚みを増すようになる。一方で、その市場は需給者のマッチング情報などが蓄積されるにつれ、IoT 需給基盤とその企業や、移動体供給

企業が新たな価値創出に影響を与えていくことになる。その過程で、地域の社会課題に利するシェア経済への移行を導出する原理モデルが必要となる。

5. つくばモデル

マーケットデザインでは、市場制度にはさまざまあり、どのような制度が望ましいかは、その環境に依存することが知られている。モビリティサービスで、具体的な制度設計を試みることのできる計画として「つくばモデル」がある。

2018 年度産業競争力懇談会 [8] の推進テーマ「地域社会の次世代自動車交通基盤」において、「つくばモデル」、特に代表的ユースケースとして筑波大学キャンパスを中心とする公共交通流データによる渋滞の解消を目的とする「キャンパス MaaS」と、通院環境の改善を目的とした「医療 MaaS」、そしてミニチュアフィジカル空間とサイバー空間の融合による研究検証と実証準備を目的とする「模擬試験場」が提案された (図 1)。本稿で議論した需給基盤として「つくばモデル」アプリを開発し、移動体としてバス、タクシー、自動運転車を一括してモビリティサービスを提供する試みである。特に、キャンパス MaaS では、筑波大学周辺で教職員や学生を対象にパーソナルモビリティやバスのマースを提供する。一方、医療 MaaS では、大学附属病院を利用する患者を対象に、駅から病院までのマースを提供し、診療の予約や決済も乗降時になされるように計画されている。

さまざまな経済制度は、本質的に交換のあり方のルールを規定するものである。現代社会では、物と物の直接の交換は多くなく、貨幣を媒介した交換が主であり、分業が前提になる。つまり、財を需要する者は、分業により主に自分の労働を提供することで貨幣（所得）を得る。一方で、財を供給する者は、需要する者から貨幣を得る。そして、市場が存在するという事は、市場参加者である供給者と需要者の双方にとって互いに益となる。

Connected (つながる)、Autonomous (自動運転)、Sharing (シェアリング)、Electric (電動化) の頭文字で表される CASE というモビリティイノベーションは、まさにイノベーションの日本語訳である創造的破壊であり、現状の制度が破壊されながら、新しい制度が創造され、私たちのモビリティのあり方が市場制度を通じて大きく変わるだろう。「つながる」ことにより情報の交換が変わり、「自動運転」によりドライバー、つまり労働供給が必要なくなり、「シェアリング」により

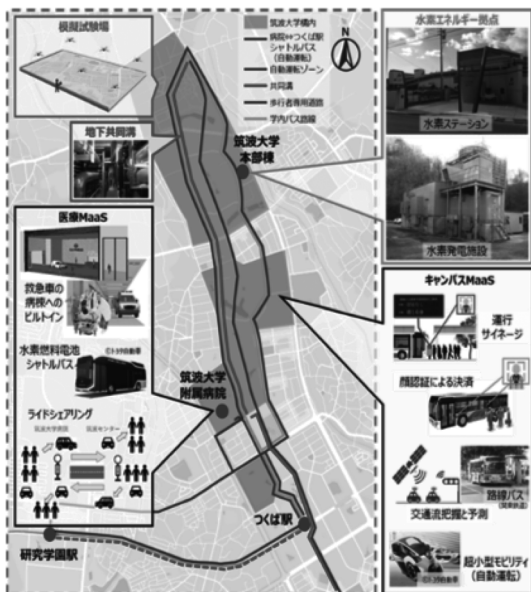


図 1 筑波大学キャンパスを中心とする代表的ユースケース（「つくばモデル」のイメージ）

所有のあり方も変わり、「電動化」によりエネルギーの消費が変わる。このような新しい社会が到来しようとしている中で、交換のあり方を規定するルール（制度）が、その新たな社会の成否を決定づける。市場のデザインを実践する分野のマーケットデザインは、制度の具体的な設計について知見を蓄積してきたが（たとえば、文献 [3] を参照のこと）、モビリティイノベーションを前提とした社会制度の設計はまだ研究が始まったばかりである。つくばモデルは、新たな制度設計に具体的な指針を与える貴重な機会となる。

モビリティサービスでは、モビリティを提供したい者とそれを需要する者が金銭を提供する交換である。医療 MaaS では、診療サービスを提供したい大学病院とそれを需要する患者が金銭を提供する交換である。モビリティサービスや医療サービスは、単なる価格を通じた市場メカニズムはうまく機能せず、供給と需要を結びつける需給基盤が必要である。シェア経済を展開する第一歩は、社会受容性を高め、市場の厚みを増すことである。市場の厚みを増すためには、市場に参加するインセンティブを与える制度上の仕掛けが必要になる。その仕掛けの一つは、バス、自動運転車などのモビリティサービス、そして医療サービスを統合したプラットフォームを提供し、利便性を高めることである。一方で、その利便性を阻害するものが混雑である。混雑をどのように処理するかに関しては、さまざまな制度がある。

モビリティサービスの混雑については、つくばモデルには、学内バスに搭載されたレーザー・ライダー・カメラによる地上面データ、衛星やドローンによる俯瞰的なデータを組み合わせ、機械学習やネットワーク科学の知見を活かし、道路の渋滞位置情報や周辺交通流データなど渋滞構造を解明する試みがある。このような渋滞情報がより詳細に解明されると、より進んだ経済制度の一つとして、混雑を緩和する料金（混雑料金）の導入が視野に入る。実際に生じる交通流は、人々が自分の移動だけを考慮して最適化するようなゲームのナッシュ均衡として生じるが、そのことによりほかの人々に外部不経済（混雑）をもたらし、社会全体として最適化されない（厚生が最大化されない）。ナッシュ均衡として実現する人々の交通行動を社会最適な交通量に誘導するような混雑料金の設計も望まれる。

一方、医療 MaaS では、モビリティサービス利用時の予約や決済も乗降時に行われるよう計画されている。モビリティサービスの利便性が高まり最適化されたとしても、現在の先着順をもとにした診療予約では混雑の緩和は期待できない。混雑による利便性の低下は、モビリティや医療サービスの予約時に想定した時間の遅延として現れる。遅延を最小限に抑えるために、上で述べた交通渋滞や病院での混雑を想定しながら、バスやパーソナルモビリティの運行、医療サービス提供をマッチングアルゴリズムなどにより最適化することが求められる。

「キャンパス MaaS」、「医療 MaaS」は「つくばモデル」として筑波大学キャンパスを中心に展開され、相互に連携する。学内には、大学を中心としたエリアを再現する 25 m プール級の模擬試験場を設置し、そこで交通流を再現して信号制御を検証するほか、自動運転車両やパーソナルモビリティに必要な道路インフラ、自立型エネルギー拠点、Urgent Lane 構想など、ミニチュアフィジカル空間とサイバー空間の融合による研究検証と実証準備を行う。

つくばモデルにより、新しい未来のモビリティサービスの形を探り、さまざまな環境の変化によりどの制度（たとえば、運行最適化、マッチングアルゴリズム、患者と診察時間の予約マッチングなど）が望ましいかの実証を進める。交換の定着性を検証したうえで、将来の社会実装を見据えた実証実験を実施したい。本稿はモビリティイノベーションの社会応用を実現するうえで重要な役割を果たすマーケットデザインの序論として述べている。交換は社会にとって時に黙約として浸透することがある。持続的な発展に資する制度が必

要となる。一方で、次世代モビリティと走行データは、近い将来に大きなテクノロジーとマッチングプラットフォームとして存在するであろう。人工知能、バイオ、量子などと影響を及ぼし合うと予測される。同時に他領域とのデータ連携基盤になる。交換における分業と再統合、社会課題のモデルの抽象化と理想化は制度をつくる人類に帰するところとなるだろうが、「交換」に続く「制度」について展開したいところである。つくばモデルの実証実験から実装への遂行には制度は必要不可欠である。研究の進展と同時に、再びこのような機会をいただければ制度について、具体的なつくばモデルを対象に論じたい。

参考文献

- [1] N. グレゴリー・マンキュー (足立英之, 石川城太, 小川英治, 地主敏樹, 中馬宏之, 柳川隆訳), 『マンキュー経済学 I ミクロ編』, 第 3 版, 東洋経済新報社, 2013.
- [2] アルビン・ロス (櫻井祐子訳), 『Who Gets What (フー・ゲッツ・ホワット) —マッチメイキングとマーケットデザインの新しい経済学—』, 日本経済新聞出版社, 2016.
- [3] G. Haeringer, *Market Design: Auctions and Matching*, The MIT Press, 2018.
- [4] D. Gale and L. S. Shapley, “College admissions and the stability of marriage,” *American Mathematical Monthly*, **69**, pp. 9–15, 1962.
- [5] 安東弘泰, 高原勇, 大澤義明, “大学を拠点とするモビリティサービス,” オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **64**(8), pp. 447–452, 2019.
- [6] 栗野盛光, 高原勇, “IoT 車両情報の速度に関するモニタリング選択問題,” 応用地域学研究, **20**, pp. 25–35, 2016.
- [7] 栗野盛光, 高原勇, “モビリティイノベーションとマーケットデザイン,” オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **63**(7), pp. 408–413, 2018.
- [8] 産業競争力懇談会, 「2018 年度最終報告『地域社会の次世代自動車交通基盤』」, 2019. <http://www.cocn.jp/report/thema109-L.pdf> (2019 年 6 月 17 日閲覧)