

# 大学を拠点とするモビリティサービス

安東 弘泰, 高原 勇, 大澤 義明

Society5.0 実現に向けた COCN プロジェクト「地域社会の次世代交通基盤」において提案されたキャンパス MaaS (Mobility as a Service) では、バスなどの公共交通流データによる交通秩序の向上を目指している。本稿では、キャンパス MaaS の一例として、公共交通としてのバスとモビリティシェアリングを混合させたモデルを提案する。さらに、そのシミュレーションによりモビリティシェアリングの交通秩序向上に対する有効性を示すとともに、既存の公共交通機関との共存可能性についても議論する。

キーワード：カーシェアリング、待ち行列、公共交通、カーライドシェアリング、大学キャンパス

## 1. はじめに

日本政府の科学技術政策の指針である「第5期科学技術基本計画」[2]では、IoTやビックデータに対してAI技術を駆使して、サイバー空間とフィジカル空間が調和した超スマート社会を実現するSociety5.0というコンセプトが提案された。一方で、ICTの技術革新に伴いスマートフォンなどのモバイル端末を活用したシェアリングエコノミーが普及しており、2016年の市場規模は、539億円に対して、2017年度には716億円を超えており、さらなる拡大が見込まれている[3]。

Society5.0実現の一つの柱として、次世代モビリティサービスの構築が挙げられており、自動運転のみならずさまざまなモビリティ手段のあり方およびこれらを最適に統合するサービス“Mobility as a Service (MaaS)”が注目を集めている[4]。また、モビリティにおいてもシェアリングサービスが普及しつつあり、モビリティシェアリングもMaaSの一例と考えられる。

MaaSには、電車やバスといった公共交通機関の他に、自転車や自動車のシェアリングといった新しい交通サービスが含まれている。自動車のシェアリングサービスの代表例として、「ライドシェアリング」と「カーシェアリング」が挙げられる。前者は、米国Uberが提供しているサービスなどにより広く知られており、スマートフォンアプリを利用したマッチングシステムにより、個人間での乗合を実現している。このライドシェアリングは、「移動をシェアする」サービスといえる。一方カーシェアリングは、「自動車をシェアする」サービスであり、車両の所有者や利用形態の違いによって広く

分類される。中でも、自動車配車ウェブサイトによる個人間のカーシェアリング、つまり個人の所有する車両をシェアするタイプのカーシェアリングがあり、たとえば米国のGetaroundがこの類のサービスを提供している。

ここで、ライドシェアリングは、運転免許非保有者も参加可能であるが、目的地や方向が類似する運転者を必要とする。一方で、カーシェアリングは、自ら運転するため運転免許の保有が必要であるが、自分の予定に合った利用が可能であるという違いがある。いずれも人の移動の需要を満たす交通サービスである点では共通しているが、バスや電車をはじめとする既存の公共交通機関やタクシー、自転車といった手段も含め、利用者の使用目的に合った使い方を最適に選択可能とすることがMaaS的観点といえる。

他方、シェアリングエコノミーが普及した社会においては公共交通のあり方も再検討を要することが予想される。既存の公共交通とは、決められた時間に決められた地点間を事業主からサービスを受ける形で成立する。そこではサービスの提供者と受給者が明確に切り分けられる。一方で、サービスを受ける側としての利用客も自家用車を利用することで自由な移動が可能である。現状では、自家用車による移動は、公共交通に比べて自由度が高い一方で駐車場費やメンテナンス代などの点から、地域によってはその必要性が問われている。筆者らが推進した2018年度COCNプロジェクト「地域社会の次世代自動車交通基盤」[1]では、「学内で公共交通バス、ライドシェアリング、モビリティシェアリングを利用する上で、顔認証と目的地での受付・決済を一体化するサービスを実施することで、スマートキャンパスを具現化する」ことを提言した。これを受けて本稿では、基礎的なモデルとそのシミュレーションにより大学キャンパス内のモビリティシェアリングと公共交通の相乗効果を考察する。

あんどう ひろやす, おおさわ よしあき  
筑波大学システム情報系  
ando@sk.tsukuba.ac.jp, osawa@sk.tsukuba.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  
takahara@sk.tsukuba.ac.jp

## 2. 個人所有車両の活用

これまでの研究によると、欧米諸国における自動車利用の平均時間は、生活時間の8%と報告されている [5]。これは、通勤や通学時に一時的に利用した車両は、職場や学校において1日のほぼ大半を使用されずに放置されるということを示唆する。加えて日本の普通自動車の維持費は燃料費を除いてコンパクトカーで年間約35万円と試算することができ、自動車利用時間が欧米と同等と仮定すると、自動車の保有者は1日当たり900円程度を未使用時間に支払うことに相当する。そこで、自動車のオーナーが自らの車を利用していない時間帯に他者とカーシェアすることにより、この未使用時間分の維持費をカバーする試みが可能と考えられる。

このとき注意すべきは、カーシェアリングではシェアした車両を指定した場所へ戻す必要があるという点がある。ここで、ある出発地  $O_1$  と目的地  $D_1$  を移動する利用者が存在する際に、その真逆の移動計画 ( $D_1 \rightarrow O_1$ ) をもつ利用者とのマッチングを考える。もしマッチングが成立した利用者組が存在する場合、両者が同じ車両を順番に利用することにより、車両を元の場所へ戻し、かつ利用者の移動計画も実現することが可能となる。さらに、逆方向の移動計画をもつユーザが複数名いた場合においても、車両の乗車人員以下であれば、ライドシェアの要領により一度に多くの移動計画を実現することが可能となる。そこで本稿では、このような未使用車両をカーシェアした際に、ライドシェアも同時に実現するというサービスのモデルを考案する。

### 2.1 カーシェアリングの課題

カーシェアリングを導入することにより、自動車保有台数を削減し、その結果として二酸化炭素排出量も削減することが可能である [6]。このようなカーシェアリングに関して、車両の保有者、返却方式、利用パターンなどについても研究されている [7]。なかでも返却方式に関しては、その自由度が利用者の移動計画に大きく関わる観点である。主にワンウェイトリップ型（以降、ワンウェイ型）とラウンドトリップ型（以降、ラウンド型）が知られている。ラウンド型は、車両を借り

受けた駐車場に返却する必要がある。一方、ワンウェイ型は乗り捨てが可能のため、自由度が高い返却方式である。ただし、ワンウェイ型の利用においては、需要に依存して一定の場所に車両が集中し、サービス不能になってしまう状況が起こりうる。そこで、車両を配回送する必要性が生まれる。これらの問題を解決するために、先行研究では、シェア車両の再配置 [8] や配回送の最適化 [9] について取り上げている。これに対して、上述のカーシェアとライドシェアの混合モデルは、ワンウェイ型の利用スタイルでありながら、配回送の問題を利用者の移動計画に則って解決するため、移動計画が満遍なく行われる地域においては有用と考えられる。そこで本稿では、車両の偏在や配回送にかかるコスト増加を解決する方法として、カーシェアリングとライドシェアリングを組み合わせた新しい交通サービスを提案する。以下では、“カーライドシェアリング (CRS)” と呼ぶ。

### 2.2 自動車利用のシェアリングに関する分類例

本稿では、モビリティシェアリングをモビリティ利用者の役割（ドライバー・ライダー）と車両の属性（所有／非所有、個人所有／共有）により表1のように分類する。従来のモビリティシェアリングは次の三つに属する。モビリティ利用者が (1) ドライバーでかつ車両を保有している場合、(2) ライダーで車両を保有していない場合、(3) ドライバーで車両を共有する場合である。(1) がライドシェアの運転者であり、(2) はライドシェアの利用者、(3) はレンタカーやカーシェアの利用者である。一方で、利用者がドライバーで車両を保有していない場合や、ライダーで車両を保有している場合は、従来の枠組みには存在しない。この二つの場合が本稿で提案する新たなモビリティシェアリングの形態であり、前者がCRSであり、後者をライドドライバー (RD) と呼ぶ。CRSについては、3.1節以降に、RDについては、以下で簡単に説明する。ここで、CRSには個人車両をシェアするパーソナルCRS (p-CRS) と共有車両をシェアする公共CRS (c-CRS) が考えられる。最後に利用者がライダーでありかつ車両を共有するという分類は広く検討する余地が存在するが、本稿にお

表1 自動車に関するシェアリングの分類例

役割	車両		
	個人所有		共有
ドライバー	所有 非所有	ライドシェア p-CRS	レンタカー、カーシェア、c-CRS
ライダー	所有 非所有	RD ライドシェア、p-CRS	次世代公共交通

いてはバスと CRS の共存という観点から検討する。

表 1 における RD に関して以下に説明する。自動運転 (Level 3) とは、「特定の場所でシステムがすべてを操作し、緊急時はドライバーが操作する」[10]とされている。このとき、自動運転車両を保有しているドライバーは、ほぼライダーとして自動車に乗車することとなる。これは、表 1 の分類では利用者がライダーで車両を保有している状況に対応する。これに対して、自動運転ではない普通車に関して車両所有者 A が車両を提供し、ライドシェア希望者 B をドライバーとして受け入れた場合を考える。このとき、A はライダーであり、B がドライバーであるため、A からすると自動運転相当と解釈することができる。一方、B のシェアリング形態は従来とは異なる。B が A に専属であれば、いわゆる運転手ということになるが、B が出発地と目的地が定まっているライドシェア希望者とすると、A と B の移動形態はライドシェアリングの亜型とも解釈できる。いずれにおいても A は所有する車両を運転することなく目的地に到達可能である。RD を成立させるためには、車両保有者 A の目的地までの経路において、複数のドライバーとしてのライドシェア希望者がいることも考えられる。このとき、ライドシェア希望者に運転を依頼するということになるが、A がその対価を与えることにより、ライドシェア希望者は公共交通などの移動費を支払う代わりに利益を得ることができるため、運転するというコストを踏まえてもそれを上回る報酬があれば、このシェアリングは成立すると考えられる。運転に対するインセンティブの問題は検討の余地があるが、移動のマッチングという意味においては、従来のライドシェアと同様の枠組みにおいて対応可能である。次節以降で説明するカーシェアとライドシェアの混合モデルは RD のコンセプトに包含されることが考えられる。

### 3. キャンパス MaaS におけるモビリティシェアリング

COCN プロジェクト「地域社会の次世代交通基盤」[1]において提唱された新しいモビリティサービスモデルである「つくばモデル」において、筑波大学キャンパス内のモビリティサービスの改革としてキャンパス MaaS が提案されている。ここでは、バスなどの公共交通流データによる交通秩序の向上を目指しているが、その一環として公共交通とモビリティシェアリングの協調モデルを検討する。特に大学附属病院の利用者に対する、つくばセンター (TX つくば駅) 間のモビリティの潜在能力をモデルにより検討する。なお、現状附属病院入り口とつくばセンター間 (約 1.6 km) では平日 1 時間に 3~4 本 (附属病院入口→つくばセンター)、6 本 (つくばセンター→附属病院入口) のバスが運行している。

筑波大学附属病院とつくばセンター間の移動においては、利用者の移動計画が往復を鑑みて反対方向におおむね半々と想定することができる。さらに、附属病院においては、その職員や学生が通勤・通学に使用する車両が日中停まっていることが想定されるため、この遊休車両をカーシェアとライドシェアすることにより、通常の移動手段であるバスに加えて効率よい移動を検討する有効な状況といえる。

そこで、本節では筑波大学附属病院とつくばセンター間におけるカーシェアとライドシェアの混合モデルを提案し、待ち行列モデルとして数値シミュレーションにより評価する。さらに、既存の公共交通としてのバスとの混在を考慮して、シェアリングサービスの利用料金に関する考察を加える。

#### 3.1 カーライドシェアリングのモデル

カーライドシェアリングとは、個人の所有車両を他者が運転する形でシェアしながら、さらにはほかの利用

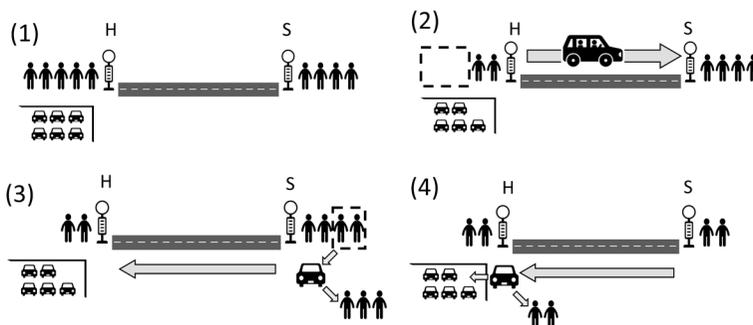


図 1 カーライドシェアリングの概略

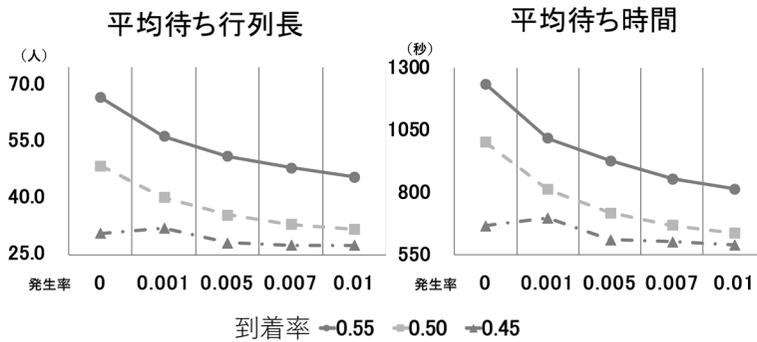


図2 平均待ち行列長, 平均待ち時間の比較

者とライドシェアする枠組みのことで定義する。上述のとおりカーシェアリングとは、共有車両を利用可能なサービスであり、ライドシェアリングとは、ドライバーがいる車両に同乗し移動可能なサービスのことであり、これらを合わせて実施するサービスが、カーライドシェアリングであり、その仕組みを図1に示す。

まず、2地点間を繋ぐバス路線を想定する。本稿では、「筑波大学附属病院 (Hと表記)」と「つくばセンター (Sと表記)」の2箇所のバス停が対象となる。各バス停には随時反対のバス停への移動計画をもつ利用者が存在すると仮定する。ある時、バス停Hに並んでいる利用者のうち3人がバス停Hに隣接する駐車場に停めてある車両を利用してバス停Sに向けて出発する。この車両は乗車している3人ではない第三者の所有車両とし、この間の所有者による車両使用はないものとする。このとき乗車中の3人は、ある個人所有の車両をカーシェアしながら、ライドシェアもしている状態であり、これがカーライドシェア状態である(図1(2))。次に車両がバス停Sに到着すると、バス停Hから来た3人の利用者は降車し、バス停Sに並んでいる利用者がこの車両に乗車する。ここでは、2人が乗車したとすると、この2人がカーライドシェア状態でバス停Hに向かう(図1(3))。バス停Hに到着すると、バス停Sから来た2人は降車し、使用車両は元に停車してあった駐車場に返却される(図1(4))。この一連の流れが、カーライドシェアであり、反対向きの移動計画をもつ利用者によるワンウェイ型のカーシェアが連続して実施されることで、車両が元の場所に返却されるラウンド型相当になる。

ここではシェア車両に乗車する全員が免許保持者と仮定し、誰が運転しているかについては議論しない。また、バス停S側に駐車スペースはないものとし、乗降スペースのみで、シェア車両の受け渡しが行われ

るとする。これは、バス停S近傍に駐車場がある場合、利用者同士のマッチング確率が上がるが、ワンウェイ型カーシェアの車両の偏在問題を解決するための手法としての位置づけを考慮して、ここでは車両がすぐに戻ってくるような設定とする。ここで、シェアされる車両がバス停Hを出発する時点で、バス停Sにおいて車両の受け渡しがすぐ行えるような利用者同士のマッチングを前提としている。

以上の設定による交通サービスを、本稿で扱うカーライドシェアリングのモデルと定義する。

### 3.2 シミュレーション結果

前節で定義したカーライドシェアリングのモデルの有効性を検証するため、本節では、以下のシミュレーションを行う。まず、バス停H、Sに並ぶ利用者待ち行列モデルを使って記述する。ここでは、バス停H、Sに新規に並ぶ利用者を平均 $\lambda$ のポアソン過程で発生させる。 $\lambda$ を到着率と呼ぶ。また、バスは定期的に運行し、バス停の待ち人数のうち乗車可能上限までを乗車させる。加えて、カーライドシェアへの抵抗感も考慮して、確率的(発生率 $\sigma$ )にカーライドシェアを発生させ、バス運行と並行して利用者の移動を実現する。このモデルにおいて、バス停における平均待ち行列長と平均待ち時間を評価指標として、カーライドシェアの効果を検証する。特に、バス停に到着する利用者の頻度に相当する到着率 $\lambda$ とカーライドシェアの発生率 $\sigma$ に関してシミュレーションを行う。そのシミュレーション結果を図2に示す。

図2において左図はバス停の待ち行列に並んでいる平均人数を表しており、右図は待ち行列で待っている人の平均待ち時間を表している。横軸はともにカーライドシェアの発生率を表している。バス停への利用者の到着率ごとに結果を示している。平均待ち行列長と平均待ち時間ともに、カーライドシェアの発生確率が上昇するとともに、減少していることが示された。特

に、到着率が高いほど待ち行列長（時間）の減少の程度も大きい。ここで本シミュレーションはモンテカルロ法を利用しているため、カーライドシェアの発生率に対して待ち行列長などが単調に減少しない場合も観察されている。以上の結果より、カーライドシェアリング導入によって、利用者に効率のよい移動サービスにつながることを示された。

### 3.3 カーライドシェアコストに関する考察

前節ではバスに加えて新たにカーシェアを導入することで利用者の利便性を向上する仕組みを提案した。ここで、利用者が本サービスに対して支払うコストを検討する。バスに乗車せず移動することができた利用者は、バス運賃を支払わないが、遊休車両を提供した所有者に対して使用料などを支払う必要性が考えられる。一方、バス会社はカーシェアを利用した客を乗車させなかったことにより利益を得る機会を損失しうる。しかし、本稿のシミュレーションにおいてはバスの乗車率は100%となるように設定しているため、バス会社の実質の損益はない。このように、利用者の規模によって利益の需給先を検討する必要が生じる。そこで本節では、カーライドシェアリング導入における、利用料金を簡単に検討する。

カーライドシェアがバスの運行と混在して成立するためには、カーライドシェアリング利用料金が現在のバス運賃よりも安い運賃で行われ、かつ、カーライドシェアの車両提供者にガソリン代などのコストを上回る配分が必要になると考えられる。そこで、この関係を実現できる運賃設定の計算を行った。まず、既存のバスを利用すると  $c$  円かかる路線において、バスとカーライドシェアを混合で利用した場合、同額の運賃  $P$  円を払うと仮定する。ここで  $P < c$  を満たす、つまりバス運賃より混合サービスの運賃が低いとき、かつカーライドシェアリングへの利益がそのコストよりも上回ることを条件とすると、以下のように表せる。

$$M_{total} = (N_{bus} + N_{car}) \times P \quad (1)$$

$$M_{car} = M_{total} - M_{bus} > G \quad (2)$$

ここで  $N_{bus}$ ,  $N_{car}$  は、バスとカーライドシェアを利用した人数をそれぞれ表し、 $M_{total}$  は総収益、 $M_{car}$  はカーライドシェアの収益である。一方、 $M_{bus}$  はバスの本来の収益で  $M_{bus} = N_{bus} \times c$  を満たし、 $G$  はカーライドシェアで使用する車の燃費代などである。以上の条件を満たすように  $P$  を設定すれば、現在のバス運賃よりも安く、かつ車両提供者への配分が可能となる。現行バスのつくばセンターから筑波大学病院入口までの料金は170円である。今回の設定において、シミュ

レーション実験で用いた到着率、カーライドシェア発生率で計算したところ、 $c = 170$  円に対して  $P = 151$  円から169円という設定が可能であることを導いた。これにより、利用料金の面からカーライドシェア導入可能であることが示された。ただし、これはすべての利用者による運賃を一度集めてから、バス会社とカーライドシェアの車両提供者に再配分という形を想定しており、バス会社は今までと同様に  $c$  円をバス利用者人数分得ることが可能である。

## 4. ネットワーク上でのモビリティシェアリング

ここまでの検討においては、2地点間の移動を対象としてきたが、同様のメカニズムを複数地点間での移動へ一般化することが可能である。たとえば、移動者の集合  $P = \{p_1, p_2, \dots\}$  とシェアモビリティの集合  $M = \{m_1, m_2, \dots\}$ 、そして移動可能な複数地点間路線図をグラフ  $G(V, E)$  などと表現する。ここで、頂点集合  $V$  が駅やバス停などの拠点、辺集合  $E$  が拠点間の道路にそれぞれ対応する。このとき、移動者  $p_i$  はグラフ  $G$  上に出発地  $v_{o_i}$  と目的地  $v_{d_i}$  を有している。初期状態において、 $p_i$  はそれぞれの出発地にいるとする。また、モビリティ  $m_i$  には駐車場が存在する頂点が割り当てられているとする。加えて、バスのような公共交通モビリティ（集合  $C$ ）がグラフ上の決められたルートを決められた計画により運行しているとする。このような状況において、移動者はバス  $c \in C$  か自家用車  $m \in M$  を利用して各々の移動計画を実行する。そして、すべての移動者が目的地に到達することで移動完了とする。本稿ではネットワークモデルのシミュレーションについては詳しく言及しないが、概要は以上のとおりである。以下にネットワークモデルによるモビリティシェアリングの一例として、カーライドシェア成立条件を紹介する。

まず、グラフ  $G$  の構造に関してはさまざまに考えられるが、ここでは簡単かつ現実的な例としてループ状の

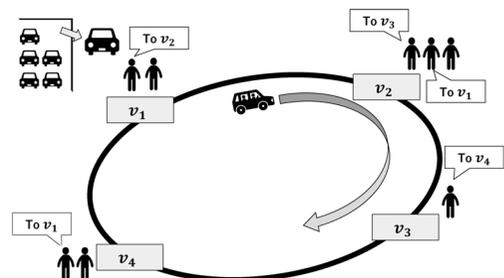


図3 循環路型モビリティシェアリング

ネットワークを考える。特にバス集合  $C$  のモビリティはループを一方方向に循環する状況を想定する。図 3 に  $|V| = 4$  の場合の例を示す。図では、ノード  $v_1$  のみにモビリティの駐車場が割り当てられている状況において、各ノードにおける移動者の需要を満足しながらモビリティ  $m$  を  $v_1$  に帰還させることが可能なマッチングが成立している。つまり、 $v_1$  には  $v_2$  を目的地とする移動計画者が存在し、 $v_2$  には  $v_1, v_3$  へ、 $v_3$  には  $v_4$  へ、 $v_4$  には  $v_1$  への移動計画が存在する。したがって、1 台の車両で  $v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_4 \rightarrow v_1$  の順でカーライドシェアすることにより、移動者の計画を満たしつつ、車両を元の地点に戻すことが可能である。ただし、この間も循環路にバスが運行していることを考慮したうえで、カーライドシェアを実行するかどうかが決められる。

以上のようなネットワーク上での公共交通とモビリティシェアリングによる混合移動は、3 節までに検討したキャンパス内における移動をスケールアップして検討することに相当している。特に循環ネットワークに関しては、筑波大学内のバス運行は循環型となっており、バス停ごとに近隣の駐車場の有無がわかっている。つまり、上述の一般化は筑波大学内循環バスにおいて適用可能である。さらにスケールを上げることにより、つくばセンターから研究学園までの領域において拡張することも視野に入る。これはサイズの異なる循環路をマルチスケールで混在させるモデルとして検討できる。さらに、つくばエクスプレスを考慮すると都心への接続も考えられる。このような公共交通とモビリティシェアリングの混合は、地域交通の基礎モデルとなりうる。

## 5. おわりに

本稿では、COCON プロジェクト「地域社会の次世代自動車交通基盤」の中で提唱されている「つくばモデル」におけるキャンパス MaaS の実践例として、既存のバス路線における 2 地点間の移動に関するバスとモビリティシェアリングの共存可能性を検討した。待ち行列モデルによる簡単な数値シミュレーションの結果、経済性、移動効率の両面からカーライドシェアリングの導入可能性を見込めることを示した。今後は、以下の 3 項目について検討が必要である。(1) 4 節で検討した複数地点を経由する交通サービスを具体的なモデルとして構築しシミュレーションなどによる検討を行う。(2) 時間帯や交通状態による影響、利用者の心理などを考慮することで、より精度の高いシミュレーション

が必要である。(3) 新しい交通サービスということもあり、まだ整備されていない法律面との関係について議論を重ねていく必要がある。

最後に、2.2 節で導入したモビリティシェアリングの一形態であるライドドライバーについて、その社会的有用性を考察する。昨今、高齢者ドライバーによる重大な交通事故が社会問題化しており、高齢者ドライバーの免許返納が話題となっている。ここで、都市部においては公共交通などが充実しているため高齢者の交通手段が多様であるが、地方においては自家用車は欠かせないのが現状であり、高齢者が運転せざるを得ない状況が存在する。そこで、地方における高齢者ドライバーの運転を代替する形でライドドライバーの設定を導入することはモビリティシェアリングによる安心安全な交通の実現、交通秩序の向上につながると考えられる。

**謝辞** 本研究は、筑波大学社会工学科とトヨタ自動車との共同研究の一環で実施したものである。筑波大学理工学群社会工学類卒業生の岡田俊樹氏に数値計算など協力いただいたことを感謝する。

## 参考文献

- [1] 産業競争力懇談会 2018 年度プロジェクト最終報告、「地域社会の次世代自動車交通基盤」, <http://www.cocn.jp/report/thema109-L.pdf> (2019 年 4 月 28 日閲覧)
- [2] 内閣府ホームページ、「第 5 期科学技術基本計画」, <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html> (2019 年 4 月 28 日閲覧)
- [3] 矢野経済研究所プレスリリース、「シェアリングエコノミー（共有経済）市場に関する調査（2018 年）」, [https://www.yano.co.jp/press-release/show/press\\_id/1988](https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/1988) (2019 年 4 月 28 日閲覧)
- [4] 首相官邸ホームページ、「未来投資戦略 2018」, [https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018\\_zentai.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018_zentai.pdf) (2019 年 4 月 28 日閲覧)
- [5] L. Gansky, “The future of the business is the mesh,” [https://archive.org/details/LisaGansky\\_2011S](https://archive.org/details/LisaGansky_2011S) (2019 年 4 月 28 日閲覧)
- [6] 山本俊行, 木内大介, 森川高行, “自動車共同利用による車両数削減可能性に関する分析,” 土木学会論文集 D, **63**, pp. 14–23, 2007.
- [7] 平石浩之, 中村文彦, 大蔵泉, “カーシェアリング社会実験の現状と導入に向けた計画手法の課題,” 土木学会論文集, **786**, pp. 3–10, 2005.
- [8] 上杉健太郎, 向直人, 渡邊豊英, “カー・シェアリング・システムにおける分割乗車割当手法,” 電子情報通信学会第 18 回データ工学ワークショップ論文集, D2-1, 2007.
- [9] 山田匡規, 木村雅志, 高橋直希, 吉瀬章子, “ラストマイル・モビリティシェアリング 最適化モデルによる運用分析,” オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **63**(7), pp. 386–393, 2018.
- [10] 国土交通省自動車局, 「自動運転車の安全技術ガイドライン」, <http://www.mlit.go.jp/common/001253665.pdf> (2019 年 4 月 28 日閲覧)