

# アンケート調査に基づく中山間地域における 相乗り型ライドシェアの成立可能性の検討

嶋本 寛<sup>1</sup>・北園 将斗<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 宮崎大学准教授 工学部工学科土木環境工学プログラム (〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1)

shimamoto@cc.miyazaki-u.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 前田建設工業株式会社

本研究では中山間地域においてアンケート調査を実施し住民の活動実態を把握するとともに、先行研究で構築したモデルを用いてライドシェアの成立可能性を評価することを目的とする。ライドシェアの成立可能性を高めるためには、出発・到着時刻を調整することが必要である。そこで、アンケート調査において活動時刻の調整の可能性も尋ね、マッチングモデルに組み入れた。分析の結果、対象地域においてドライバーに過度の負担をかけることなく、ライドシェアによって大部分の移動需要を賄える可能性があることを確認した。

**Key Words:** Ridesharing, questionair survey, Activity-based matching model, mountainaou area

## 1. はじめに

少子高齢化・人口減少社会に突入したわが国の多くの地方都市においては、地域公共交通が著しく衰退している。しかし、自動車を運転できない若年者や高齢者の多くは、同居家族の送迎によって外出しており、送迎者・被送迎者双方の活動は時間的に大きく制約されている。また、送迎者との都合があわない被送迎者は外出を諦めざるを得なくなり、日常の活動が制約されている可能性もある。したがって、地方都市においては、特に自動車を運転できない若年者や高齢者がモビリティを確保できる持続可能な制度設計が求められているといえよう。一方、近年は Uber をはじめとするライドシェア（相乗り）サービスが世界的に展開されている。ライドシェアサービスは、運転手と同乗者をマッチングするものであり、車両や運転手を手配する必要がなく固定費を抑えることができるため、地方都市において持続可能な交通システムとなり得る。しかし、公共交通の衰退が著しい地方都市では、交通需要そのものが少ないため、利用者が活動場所や時刻等の調整を行わなければ、マッチングが成立しない可能性が高い。

このような問題意識のもと、筆者らはアクティビティベースアプローチにより送迎者・被送迎者双方の活動時刻の変更および活動の取りやめも考慮し、1日全体の移動・活動を最適化するライドシェアサービスにおける利用者のマッチングモデルを構築した。しかし、当該研究

では仮想ネットワークにおける検討にとどまっており、活動実態に即したライドシェアサービスの成立可能性の評価は行われていない。

以上を踏まえて、本研究では中山間地域においてアンケート調査を実施し住民の活動実態を把握するとともに、先行研究<sup>1)</sup>で構築したモデルを用いてライドシェアの成立可能性を評価することを目的とする。

ライドシェアリングにおけるマッチングモデル開発に関する研究は数多く提案されており、実データを用いた検証も行われている。海外における近年の研究動向は Mourad et al.<sup>2)</sup>によって整理されている。わが国において実都市を対象とした研究として、佐々木ら<sup>3)</sup>は中山間地においてライドシェアに関する意識調査を行い、システム導入の可能性について検討している。森脇ら<sup>4)</sup>は、中山間地域へのライドシェアサービスの展開を念頭に置き、対象地域の人口、年齢構成をベースにシナリオを設定し、ドライバーとライダーのマッチング率の比較分析を行っている。田村ら<sup>5)</sup>は、パーソントリップ調査データに対して安定1対1マッチング手法を適用し、地方都市におけるライドシェアの成立可能性と有効性を分析している。

実都市を対象としたマッチングモデルを適用した研究において、トリップ単位でライドシェアが成立可能であるかを評価しており、トリップチェーンを明示的に考慮されていない。さらに、活動時刻の調整を考慮したモデルを適用した研究もあるが、調整可能な時刻をシナリオとして与えている。これに対し、本研究ではライドシェ

アの成立可能性を評価する際に、トリップチェーンを明示的に考慮する点と、活動時刻に関して調整可能な幅をアンケート対象者に尋ねたデータを用いている点に特徴を有している。

## 2. 分析対象地域と調査概要

### (1) 分析対象地域

本研究では、熊本県上天草市教良木地区を分析対象地域とする。図-1に分析対象地域と2021年4月時点の公共交通路線網を示すが、このうち教良木地区と上天草総合病院を結ぶ路線の廃止が検討され、代替交通手段として2021年8月2日から10月29日までの平日に自家用旅客運送実証実験が実施された。この自家用旅客運送実証実験にあわせて、実証実験の利用実態と住民の移動・活動実態を把握する調査を実施した。

### (2) 調査概要

本研究では、上記の実証実験期間中における自家用旅客運送利用者に対する調査と、実証実験後における地区の全世帯を対象にした調査の2種類のアンケート調査を実施した。実証実験後に実施したアンケート調査概要を表-1に示す。表-1に示すように、アンケート調査は個人票と世帯票の2種類からなっており、個人票は「自動車を運転する機会が最も多い方」と「自動車を運転する機会が最も少ない方」の最大2名に対して回答を依頼した。個人票は、i) 自家用旅客運送実証実験に対する評価および実証実験前後の移動・外出頻度と満足度、ii) 実証実験中および実験後の平日1日のトリップ、を尋ねた2種類について尋ねた。ii)の調査票を図-2に示すが、都市圏パーソントリップ調査と同様の出発・到着時刻、目的地、移動目的、移動手段に加えて、自動車で移動された方には出発・到着時刻の調整可能性を、自動車以外で移動された方には希望する出発・到着時刻との乖離をそれぞれの移動について尋ねた。

調査票の配布・回収は上天草市および教良木河内地区活性化協議会が実施し、世帯回収率は63.4%であった。

### (3) 単純集計

本節では、世帯属性、アンケート回答者の個人属性に加え、ライドシェアの成立可能性を評価する上で重要となる移動・活動の実態に関する単純集計を行う。

#### a) 世帯・個人属性

図-3に世帯票から集計した世帯構成人数、性別・年齢の分布をそれぞれ示す。1人、あるいは2人世帯の比率が高いことがわかる。図-4に年齢と免許保有の関係を示



図-1 分析対象地域

表-1 アンケート調査概要

項目	実施方法・内容等
調査対象	上天草市教良木・内野河内地区住民
調査時期	2021年11月上旬～11月末
調査方法	調査票に記入
調査票の内容	世帯票 ・世帯属性（居住地、家族構成、自動車保有状況など） 個人票（最大で2名の方が回答） ・個人属性（性別、年齢、運転免許の保有の有無、等） ・送迎に対する意識 ・実証実験中および実証実験後の平日の移動・活動状況、等
回収世帯数（回収率）	349世帯（63.4%）



図-2 移動・活動調査票

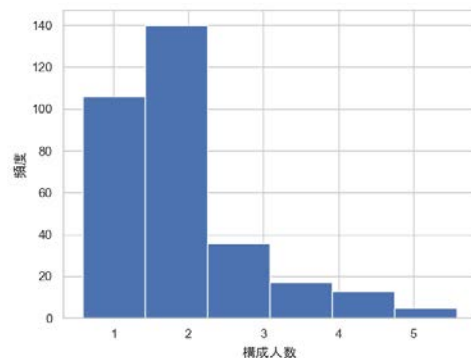


図-3 世帯構成人数の分布

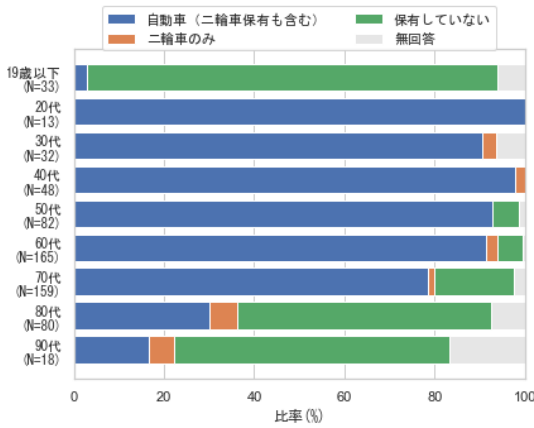


図-4 年齢と免許保有の関係

す。20歳代から70歳代までの自動車免許保有割合は高いものの、これ以外の保有割合は高くなく、若年層および高齢者が移動の制約を受けている可能性が示唆される。図中には年代ごとの人数も示しているが、60歳台以上が占める割合が高いこともわかる。

b) 移動・活動実態の分析

本節では、各世帯で最大2名の方に回答いただいた実証実験中のある1日の移動・活動状況の回答結果を集計し、移動・活動実態を分析する。なお、349名の方から回答があったが、すべての移動に対する目的地が記入されていた73サンプルを分析対象とする。また、最大で2回の外出の行動について尋ねているが、2回目の回答が少なかったことから1度目の外出のみを集計する。以下では、自宅からの移動手段を「自動車(運転)」と回答した方を運転者、それ以外の回答した方を非運転者とわけて、分析する。さらに、分析の便宜上、回答者の自宅、目的地を図-5に示す9つのゾーンにわけて分析する。図中の赤色の星印は回答者の自宅に最寄りのバス停を表しており、青いピンは目的地の位置を示している。ゾーン5は、自家用旅客運送実証実験の目的地である上天草総合病院があり、ゾーン6には地区内において比較的大きな商業施設が隣接している。また、ゾーン7は市役所等が立地している上天草市の中心地であり、ゾーン8は天草市の中心部である。

図-6に非運転者の移動手段の分布を示す。(2)節で述べたように、アンケート調査票では自宅を出発してから最大で2か所の目的地までの移動について尋ねているが、すべてのトリップにおいて送迎による移動が占める割合が半数以上となっている。図-7に運転者・非運転者の移動ゾーンをそれぞれ示す。目的地1に関しては運転者は商業施設の多いゾーン6を目的地としている割合が高いものの、非運転者は上天草総合病院のあるゾーン5を目的地としている割合が高いことがわかる。一方、目的地2に関しては運転者、非運転者ともにゾーン6を目的地とする割合が高いことが読み取れる。

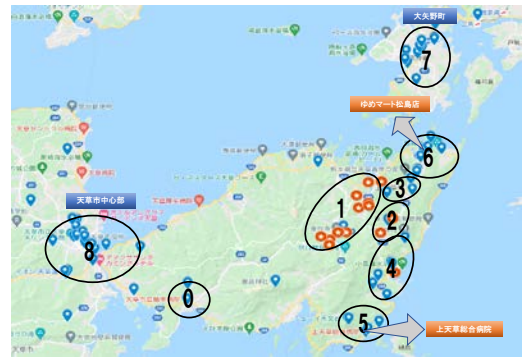


図-5 分析対象地域のゾーン設定

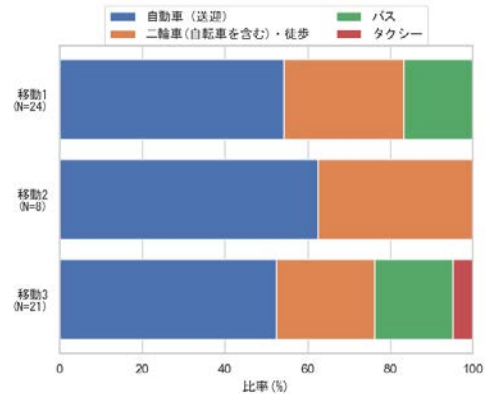
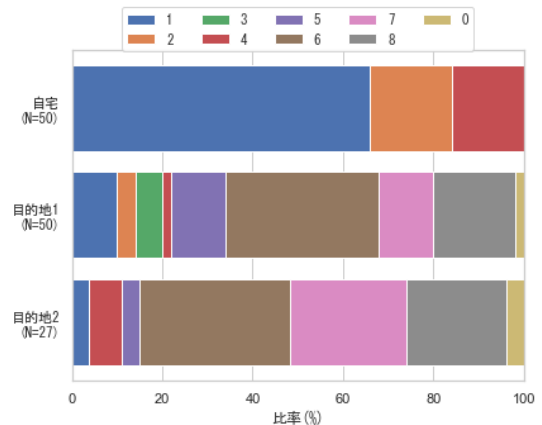
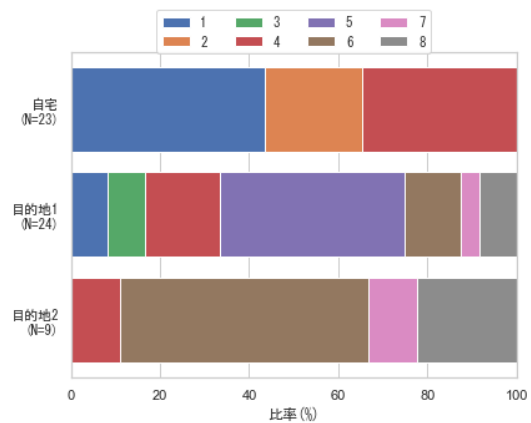


図-6 非運転者の移動手段の分布

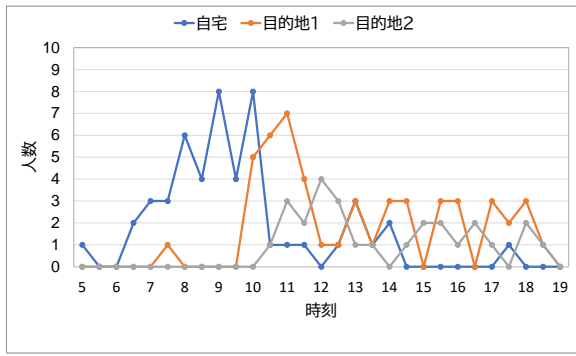


(a) 運転者

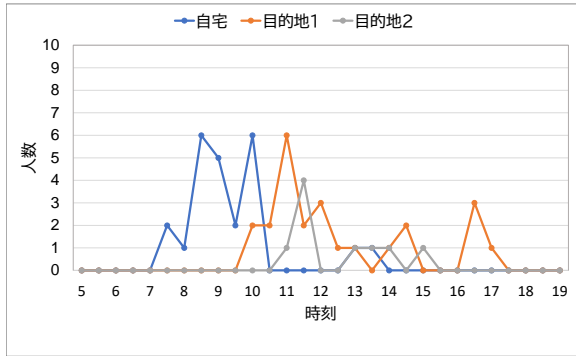


(b) 非運転者

図-7 運転者・非運転者の移動ゾーン

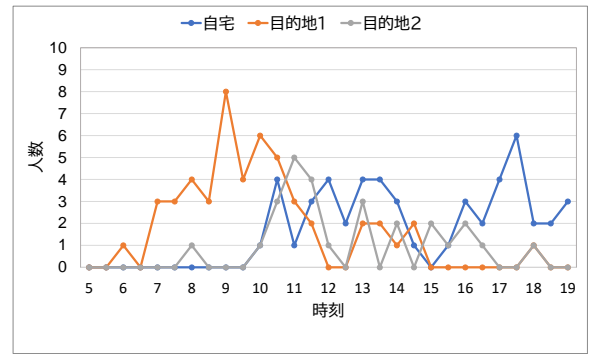


(a) 運転者

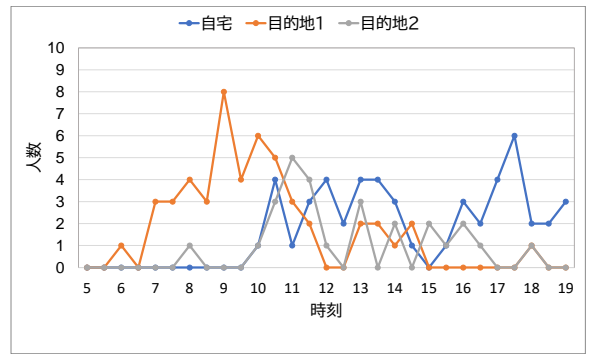


(b) 非運転者

図-8 出発時間帯の分布



(a) 運転者



(b) 非運転者

図-9 到着時間帯の分布

次に、運転者・非運転者の出発時刻、到着時刻の分布を集計する。図-8、図-9にそれぞれ出発時刻、到着時刻の分布を示す。出発時刻に関しては、運転者は7時より早い時間帯に出発している回答者も少なからず存在するものの、運転者・非運転者ともに8時台から10時台に出発する回答者の割合が高いといえる。そのため、最初の目的地への到着時間帯は運転者・非運転者とも9時台から11時台の割合が高い結果となった。また、それ以降の目的地への出発・到着時間帯も運転手・非運転手で大きな違いはないといえる。

最後に、運転者の出発時刻・到着時刻の調整の可否と非運転者の出発時刻・到着時刻が希望通りであったかを比較する。運転者には、それぞれのトリップに関して出発・到着時刻を変更可能であったかを尋ねており、図-10に結果を示す。自宅出発時刻に関しては6割以上の運転者が調整可能であると回答しており、その他のトリップの出発・到着時刻についても4割前後の運転者が調整可能であると回答している。一方、非運転者には目的地1、2の出発・到着時刻が希望通りであったかを尋ねており、図-11に結果を示す。回答数は非常に少ないものの、目的地1の到着・出発時刻に関して希望通りである回答した非運転者の割合は20%以下にとどまっており、目的地2の到着・出発時刻に関してはすべての非運転者が希望通りではないと回答している。定時定路線型の自家用旅客運送サービスでは、すべての利用者のニーズにあわせることは困難であるが、4割前後の運転者が出

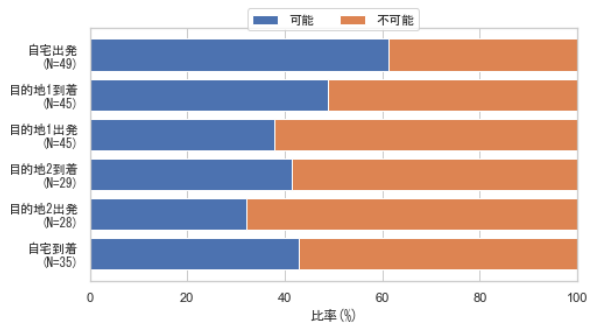


図-10 運転者の出発・到着時刻調整の可否

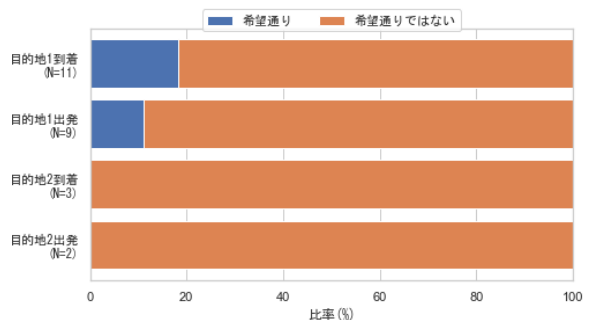


図-11 非運転者の出発・到着時刻の実際と希望との乖離

発・到着時刻の調整が可能であると回答していることから、運転手と非運転手をうまくマッチングすることができれば非運転者の活動のニーズを満たす可能性があるといえる。

### 3. マッチングモデルを用いたライドシェアサービスの成立可能性評価

本章では、前章で示した移動・活動実態のデータに対して先行研究<sup>1)</sup>で構築した利用者間のマッチングモデルを適用し、分析対象地域におけるライドシェアサービスの成立可能性を評価する。

#### (1) モデルの概要

##### a) 定式化の概略

先行研究<sup>1)</sup>で構築したモデルでは、自身で運転して移動するドライバーと、ドライバーの車両に同乗して移動するライダーの2種類の主体を想定する。平面ネットワークを時空間ネットワークに変換した上で、「移動リンク」、「待機リンク」、「アクティビティリンク」に効用を負荷し、移動者（ドライバーおよびライダー）の総効用を最大にするマッチングパターンを求めるものである。定式化の詳細は先行研究を参照されたい<sup>1)</sup>が、その概略は以下の通りである。

Maximize

$$\sum_{d \in D} \sum_{a \in A} u_a^d x_a^d + \sum_{r \in R} \sum_{a \in A} u_a^r y_a^r \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{r \in R} y_a^r \leq \sum_{d \in D} q_d x_a^d, \forall a \in A_2 \quad (2)$$

$$\sum_{a \in \text{OUT}(s_d)} x_a^d = 1, \forall d \in D \quad (3)$$

$$\sum_{a \in \text{IN}(e_d)} x_a^d = 1, \forall d \in D \quad (4)$$

$$\sum_{a \in \text{OUT}(i)} x_a^d = \sum_{a \in \text{IN}(i)} x_a^d, \forall d \in D \quad (5)$$

$$, \forall i \in \{I - s_d - e_d\}$$

$$\sum_{a \in \text{OUT}(s_r)} y_a^r = 1, \forall r \in R \quad (6)$$

$$\sum_{a \in \text{IN}(e_r)} y_a^r = 1, \forall r \in R \quad (7)$$

$$\sum_{a \in \text{OUT}(i)} y_a^r = \sum_{a \in \text{IN}(i)} y_a^r \quad (8)$$

$$, \forall r \in R, \forall i \in \{I - s_r - e_r\}$$

$$x_a^d = \{0,1\}, \forall a \in A, \forall d \in D \quad (9)$$

$$y_a^r = \{0,1\}, \forall a \in A, \forall r \in R \quad (10)$$

ただし、 $D, R$ はそれぞれドライバー、ライダーの集合、 $P = D \cup R$ はすべての利用者の集合、 $A_1, A_2^p, A_3^p$ はそれぞれ移動リンク、利用者 $p$ のアクティビティリンク、利用者 $p$ の待機リンクの集合であり、 $A = A_1 \cup A_2^p \cup A_3^p$ である。 $u_a^p$ は移動者 $p \in P$ 、リンク $a$ の効用、 $q_d$ はドライバー $d \in D$ が保有する車両の自身を除いた乗車定員、 $s_p, r_p$ はそれぞれ時空間ネットワーク上にお

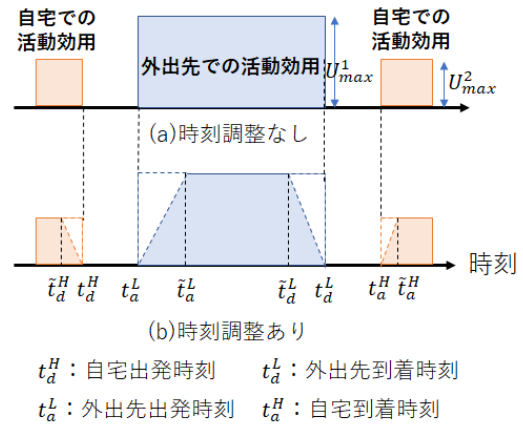


図-12 活動に対する効用関数の設定

る移動者 $p$ の活動開始ノード、活動終了ノードである。 $x_a^d, y_a^r$ はそれぞれドライバー $d$ 、ライダー $r$ がリンク $a$ を通過すれば1、そうでなければ0をとる変数であり、本モデルの決定変数である。

制約条件の式(2)は、移動リンクにおけるライダーの利用人数はドライバーが運転する車両の空き容量以下であることを示しており、ライドシェアの成立条件を表している。式(3)および(4)はドライバーは所与の活動開始ノードから活動を開始し、活動終了ノードで活動をを終えることを表している。式(5)はドライバーは活動開始ノード、終了ノード以外から発生・集中が行われないことを表している。したがって、式(3)から(5)により、ドライバーの保存則を表している。同様に、式(6)から(8)によりライダーの保存則を表している。

##### b) 効用関数の設定

移動リンク、および滞在リンクには時間に比例した（負）効用が発生するとして、それぞれの効用を以下のように設定する。

$$u_a^p = -\theta_1 c_a, \forall a \in A_1, p \in P \quad (11)$$

$$u_a^p = -\theta_2 \Delta t, \forall a \in A_2^p, p \in P \quad (12)$$

ただし、 $c_a, \Delta t$ はそれぞれリンク $a$ の移動時間、時空間ネットワークにおける時間帯幅である。

活動リンクの効用の設定に際して、実際の出発・到着時刻および実際の時刻からの乖離時間の回答を用いて、図-12のように設定した。すなわち、希望する時間帯に外出先、あるいは自宅で活動する場合、それぞれ一定の効用 $U_{max}^1, U_{max}^2$ が発生すると仮定する（図-12(a)）。なお、アンケート調査では実際の出発・到着時刻に加えて自動車を運転して移動した人には早く（遅く）出発することが可能であったか、それ以外の手段で移動した人には実際の出発（到着）時刻と希望時刻との乖離を尋ねている。これらの項目に対して、目的地への到着を遅らせることが可能と回答した場合、あるいは目的地を出発する時刻を早めることが可能と回答した場合には、その時間分の効用を差し引いて設定した（図-12(b)）。

(2) 計算条件

図-13 に前章で設定したゾーン分けを模した計算対象ネットワークを示す。なお、以降の計算では1時間帯幅を $\Delta t = 5$  (分) とし、図中のリンクに付与された数字は移動時間帯数を表している。その他の条件は以下の通りである

- ・ 移動者は 6 時以前および 21 時以降は自宅に滞在するものとし、6 時から 21 時の間に自宅あるいは自宅外で活動を行う
- ・ 自宅から最初に出発する交通手段が自動車 (運転) である回答者をドライバー、それ以外の回答者をライダーとする。
- ・ ドライバーを除く車両容量を、 $q_d = 3, d \in D$  とする。
- ・ 効用関数のパラメータを以下のように設定する

$$\theta_1 = 0.1, \theta_2 = 0.2, U_{max}^1 = 10, U_{max}^2 = 5$$

以下では、10月25日~29日のうちもともと外出した日の移動・活動について回答されたデータを用いる。回答されたサンプルのうち、すべての活動場所が記入されていたおり、かつ出発・到着時刻等に矛盾がないデータのみを抽出したところ、ドライバーが45人、ライダーが23人となり、以後の分析対象とする。

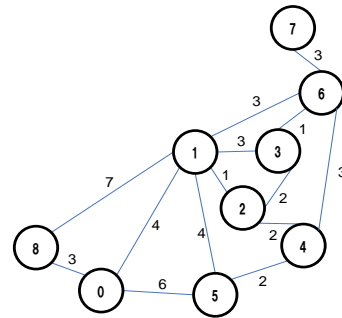


図-13 計算対象ネットワーク

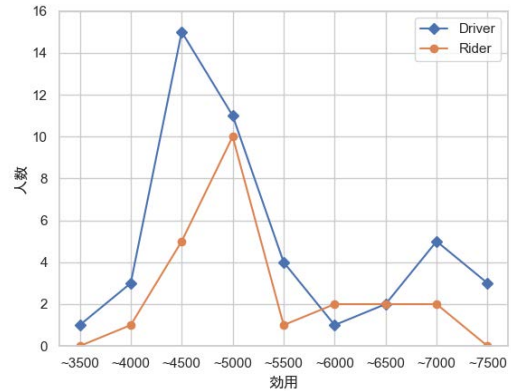


図-14 効用関数の分布

(3) 計算結果

図-14 にドライバーおよびライダーの効用関数の分布を示す。これを見ると、運転手の方が人数が最多のときの効用値はやや小さいものの、両者の分布は類似しているといえる。図-15 に実際に自宅外で行った活動箇所数と総効用最大化の解における自宅外活動箇所数の比較を示す。図中における凡例は「モデルにより算出された活動箇所数/実際の活動箇所数」を表している。これを見ると、ドライバー、ライダーとも80%以上がモデルにより算出された活動箇所数と実際の活動箇所数は一致していることがわかる。図-16 にドライバーとライダーの出発・到着時刻の実際とモデルによる算出結果の乖離を示す。図中におけるマイナスは、モデルにより算出された出発・到着時刻が実際の出発・到着時刻よりも早いことを示している。これを見ると、モデルにより算出された出発・到着時刻と実際の時刻と一致しているドライバーおよびライダーが多く、大部分のドライバーおよびライダーの出発・到着時刻差は10分以内に収まっていることがわかる。以上より、対象地域においてドライバーに過度の負担をかけることなく、ライドシェアによって大部分の移動需要を賄える可能性があることを示唆している。

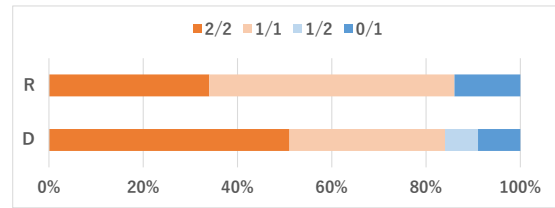


図-15 自宅外活動箇所数の比較

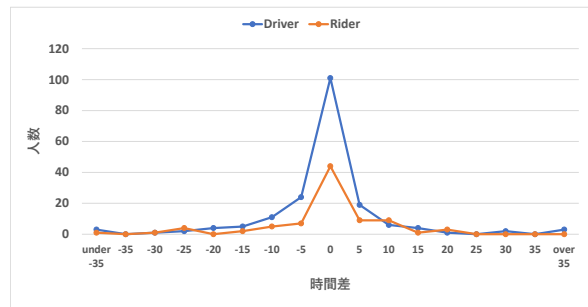


図-16 ドライバーの出発・到着時刻の乖離

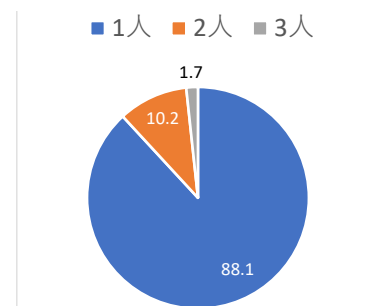


図-17 ライダーの乗車人数の内訳

最後に、相乗りの程度を見るために図-17 にライダーの乗車人数の内訳を示す。なお、簡易的に時空間ネットワーク上におけるリンクごとにライダーの乗車人数を算

出し、この比率により内訳を算出した。これを見ると、ライダーが 1 人である比率が 90%程度を占めており、1 台の車両に複数のライダーが相乗りする状況は起こりづらいといえる。

#### 4. おわりに

本研究では、熊本県上天草市においてアンケート調査を実施し住民の活動実態を把握するとともに、総効用を最大化するドライバー・ライダーのマッチングを決定するモデルを用いてライドシェアの成立可能性を評価した。分析の結果、対象地域においてドライバーに過度の負担をかけることなく、ライドシェアによって大部分の移動需要を賄える可能性があることを確認した。

今後の課題として、移動・活動状況を尋ねたアンケート調査票が煩雑になったため、活動場所や希望する時刻との乖離に対して無記入の調査票が多くなり、マッチングモデルに適用できるデータ数が少なくなってしまった。したがって、調査票の工夫や聞き取り調査によるデータ補完を検討する必要があるといえる。また、マッチングモデルに関しては効用関数やパラメータの設定による解の違いを分析する予知があるといえる。その上で、マッチングの結果とドライバー・ライダーの属性との関係など詳細な分析を行う予知があるといえる。

**謝辞：**本研究は、国土交通省道路局「道路政策の質の向上に資する技術研究開発（課題名：自動運転とシェアリングが融合した新しいモビリティサービスと社会・都

市・生活の未来についての研究開発、研究代表者：溝上章志・熊本学園大学教授）」の助成を受けたものである。また、アンケート調査の実施にあたっては、上天草市および教良木河内地区活性化協議会に多大なる協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) Shimamoto, H: Optimal Matching Problem for Ride-Sharing Considering Users' Schedule Rearrangement, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 18(3), 391-399, 2020 (<https://doi.org/10.1007/s13177-019-00213-1>)
- 2) Mourad, A, Puchinger, J. and Chu, C: A Survey of Models and Algorithms for Optimizing Shared Mobility, *Transportation Research Part B*, 123, 323-346, 2019
- 3) 佐々木邦明, 二五啓司, 山本理浩, 四辻裕文: 低密度移住地域における交通制約者の移動手段としてのライドシェアの可能性, *社会技術研究論文集*, Vol.10, 54-64, 2013
- 4) 森脇宇俊, 力石真, 藤原章正: 中山間地域におけるライドシェアの成立可能性に関する数値シミュレーション, 第57回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2018
- 5) 田村裕貴, TRONCOSO PARADY Giancarlo, 高見淳史, 原田昇: 地方都市におけるライドシェアのマッチング成立可能性と効果に関する研究—群馬県パーソントリップ調査データを用いた分析—, *交通工学論文集*, 第5巻, 第2号(特集号A), pp.A\_108-A\_117, 2019

(2022.3.6 受付)

## EVALUATION OF FEASIBILITY OF RIDE-SHARING SYSTEM IN MOUNTAINOUS AREA BASED ON QUESTIONNAIRE SURVEY

Hiroshi SHIMAMOTO, and Masato KITAZONO