

# 地方都市におけるライドシェアの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を用いた分析－

## A Study on the feasibility and Effectiveness of Ridesharing in Local Cities -An Analysis Using the Gunma Prefecture Person Trip Survey -

東京大学工学部都市工学科 03-160153 田村 祐貴

In recent years sharing economy, a system in which participants interact in a direct and cooperative manner to consume goods and services has spread widely. In the transportation field ridesharing in which more than one person share a vehicle to make a trip is also spreading in various forms. Ridesharing is an effective use of resources, and it can be expected not only to reduce travelling expenses, but also to create great value for society, such as a reduction in traffic volume and alleviation of air pollution. In this research, I analyzed the possibility and effectiveness of ridesharing in local cities applying a stable matching method. Results suggest that an increase participation rate of ridesharing and appropriate adjustment of ratio between drivers and passengers might lead to a reduction of traveling expenses and total mileage while minimizing the negative utility generated in ridesharing.

### 1. 研究の背景と目的

近年、モノの消費やサービスの利用を複数の人が共同して行うシェアリング・エコノミー型のサービスが様々な分野で普及しており、交通分野においてもライドシェアという形で急速に普及している。

ライドシェアとは、OD の両方あるいは OD のどちらかが近い個人又は団体が乗車及び移動を共有し、各々が移動にかかった費用を負担しあうサービスのことを指す。そのため近年国内でも注目されている Uber や Lyft などのサービスはこれに該当しない<sup>1)</sup>。現在は、スマートフォンをはじめとした ICT 端末を利用することで相乗りのマッチング効率を高めることが可能となっている。

このようなライドシェアサービスの導入は、個人の移動費用の削減効果に加え、自動車交通量の削減による移動でのエネルギー効率向上や道路交通量の減少による渋滞の削減や温室効果ガスの排出削減など、社会全体に対しても大きな価値をもたらすと考えられている<sup>2)</sup>。

以上を踏まえ、本研究では、地方都市での交通量の削減や大気汚染緩和のためのライドシェアの成立可能性と個人・社会に与える影響について、群馬県パーソントリップ調査のデータを用いて分析することを目的とする。

### 2. 先行研究の整理と本研究の位置づけ

本研究に関わる既存研究として、すでにライドシェアが広く普及している海外では、ライドシェアサービスの効率的な運営に関する研究<sup>3)4)</sup>に主眼が置かれている。

一方国内では特に地方部の交通制約者のためのライドシェアの持続可能性についての研究<sup>5)6)</sup>が行われている。

既存研究の整理の結果、国内の地方都市での実際の人

の動きのデータを使用した研究が不足していることと、短距離トリップや経路途中におけるライドシェアの成立が十分に考慮されていないことが課題としてあげられる。

以上を踏まえ、本研究では地方都市での交通量の削減や大気汚染緩和のためのライドシェアについて、ドライバーと同乗者の選好を用いたマッチング手法の検討及びマッチング手法を用いた、地方都市でのライドシェアの成立可能性と効果についての分析を行う。

### 3. マッチング手法の理論と本研究での適用方法

#### 3.1 一対一マッチング問題

本研究で想定するような、1人の人間を1人の人間に割り当てるマッチング問題は「一対一マッチング問題」と呼ばれ、任意の入力に対して安定したマッチングの解を求めることが重要視される。

マッチングを行う際に、各個人はそれぞれ相手に対して選好を持っており、選好順位の高い順に相手を並べた「選好リスト」と呼ばれるものを持っているものとする。

ここで、マッチング問題における安定性とは「全てのペアについて、互いに現在組んでいる相手より選好順位が高く“駆け落ち”する可能性があるペア（ブロッキングペア）が存在しない」ことをいう。このような安定した一対一マッチングの解を求める問題は「安定結婚問題」とも呼ばれ、このマッチングの解を求めるアルゴリズムは Gale and Shapley<sup>7)</sup>によって提案されている。

#### 3.2 Gale-Shapley アルゴリズム

前節で述べた安定マッチング効率的に見つけ出すためにきわめて有効なアルゴリズムが Gale and Shapley<sup>7)</sup>によ

って考案された Gale-Shapley アルゴリズム (以下「GS アルゴリズム」) である。以下で安定結婚問題を例に簡単な説明を行う。

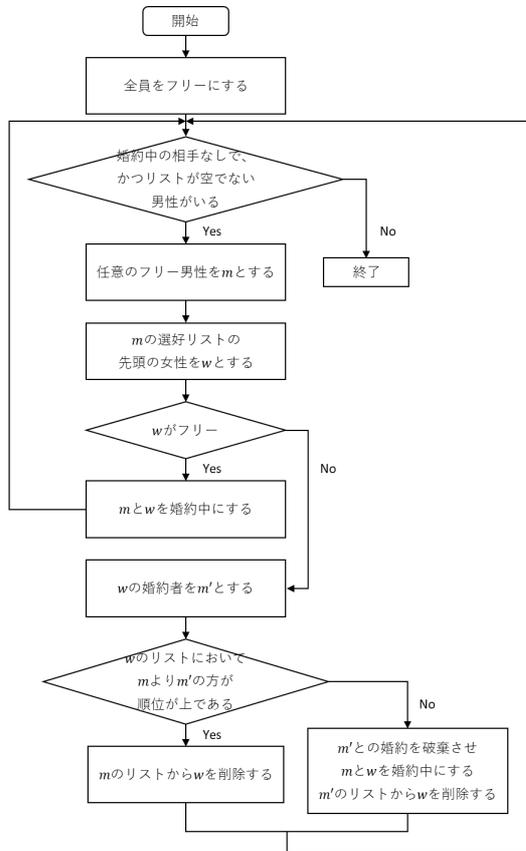


図 1 GS アルゴリズムフローチャート図

アルゴリズムの実行中、各個人は「フリー」又は「婚約中の二つの状態のうちどちらかをとっている。最初は全員がフリーの状態から開始する。まず、フリーの男性から任意の男性 $m$ を選び、自身が選好リストの先頭の女性 $w$ にプロポーズする。プロポーズを受けた女性は、現在フリーならばそのプロポーズを受け入れ $m'$ と $w$ が婚約する。 $w$ が婚約中であれば、現在婚約中の男性である $m'$ との順位を比較し、順位が上の方の男性と婚約する。この際、振られた男性はフリーとなり、自身の選好リストから $w$ を削除する。これを婚約中の相手がおらず、かつリストが空でない男性がいなくなるまで繰り返し、そのときの婚約者が最終的なマッチングの相手となる。

#### 4. 使用データ及び対象地域、シナリオの概要

##### 4.1 使用データ及び対象地域

本研究では群馬県パーソントリップ調査 (以下「群馬県 PT 調査」) のデータを使用して分析を行う。群馬県 PT 調査はデータを緯度経度単位で整備しており、ゾーン内

のマイクロな移動についても把握することが可能である。

また、群馬県 PT 調査では得られない二地点間の移動距離及び移動時間については、Google 社の提供する Distance Matrix API を利用して算出を行った。

本研究では、想定するライドシェアが地方都市の自動車交通量の削減を主な目的としているため、自動車の代表交通手段分担率が高く、一人乗り乗用車 (SOV) の割合も高い伊勢崎市を対象地域とし、伊勢崎市内を移動する SOV トリップを対象トリップとして分析を行った。

#### 4.2 シナリオの概要

##### I. 入力

対象トリップのうちライドシェアに参加するトリップの割合 (参加率) を 10 パターン (10%, 20%, ..., 100%) の中から決定し、この割合で対象トリップからランダムにライドシェア参加トリップを抽出する。次にドライバー候補と同乗者候補の比率 (D:R) を 5 パターン (90:10, 80:20, ..., 50:50) から決定し、ドライバーと同乗者にランダムに振り分ける。振り分けられた両者について以下の基準に従い選好リストを作成する。

##### ① ドライバー

ドライバーは、「ライドシェアを行った場合の走行距離」が「ドライバーと同乗者がそれぞれ単独で移動した場合の走行距離の和」より小さくなる、つまりライドシェアを行うことで総走行距離が減少するような相手の中から、ライドシェアを行うことで増加する移動時間が小さい順に同乗者を並べたものをドライバーの選好リストとする。

##### ② 同乗者

同乗者は、ライドシェアを行うことによって自身の到着時刻を単独で移動した場合の (PT データで観測された) 到着時刻から (ドライバーが本来より早く到着すれば予定を前に、遅く到着すれば後ろに) ずらすものとし、その際に単独で移動した場合の到着時刻からのずれが小さい順にドライバーを並べたものを同乗者の選好リストとする。

##### II. マッチング

I の入力データを基に、GS アルゴリズムを用いて安定マッチングの解を求める。3.2 のように同乗者からドライバーに順次乗車リクエストを行い、ペアを決定する。

##### III. 出力

II で得られたマッチングペアについて、以下の 5 つの評価指標で評価を行う。本研究ではこれらの値について、

各入力パターンに対し 40 回ずつシミュレーションを行いその平均値を用いる。

- ① **R(%)** : 同乗者から見たライドシェアの成立割合  
マッチングが成立した同乗者のトリップ数を、リクエストした同乗者のトリップ数で除した値
- ② **S(m/match)** : 走行距離の削減量 (1 ペアあたり)  
ライドシェアを行うことで生じる走行距離の削減量を成立ペア数で平均した値
- ③ **St(km)** : 走行距離の総削減量  
ライドシェアを行うことで生じる走行距離の削減量の総和
- ④ **Ud(min/match)** : ドライバーの移動時間の増加量  
ライドシェア時の移動時間からドライバーが単独で移動した場合の移動時間を引いたものを成立した全ペアで平均した値
- ⑤ **Ur(min/match)** : 同乗者の到着時刻のずれ  
同乗者が単独で移動した場合とライドシェア時の到着時刻の差の絶対値を成立した全ペアで平均した値

## 5. シナリオの評価

### 5.1 同乗者から見たライドシェアの成立割合

ライドシェアが成立する割合については、ドライバーと同乗者の比が大きく関係しており、ドライバーの占める割合が高いほど成立割合が高くなる。表 1 に示すように、ドライバーの割合が 80%以上であれば、参加率が 10%であったとしても成立割合が 97%以上になる。一方ドライバーの割合が 50%である場合は、参加率が 100%であったとしても成立割合が約 76%まで下がってしまう。

表 1 ライドシェアの成立割合 R(%)

参加率	D : R				
	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
10	98.76	97.94	93.24	79.09	61.60
20	99.69	99.43	96.13	84.25	67.72
30	99.63	99.75	97.81	86.48	70.08
40	99.80	99.78	98.07	88.22	71.52
50	99.97	99.89	98.69	88.97	72.43
60	99.97	99.90	98.80	90.00	73.79
70	99.99	99.94	99.14	90.50	74.40
80	100	99.96	99.28	90.73	75.29
90	100	99.96	99.30	91.44	75.76
100	100	99.98	99.40	91.70	76.16

### 5.2 走行距離の削減量

距離の削減量に関しては、表 2、表 3 に示したように、

マッチングごと・合計ともにドライバーの割合が低くなるほど大きくなる。また、先ほどの成立割合とは異なり、参加率によっても値に変化が出ており、参加率が高いほど走行距離の削減量も大きくなる。

表 2 走行距離の削減量 S(m/match)

参加率	D : R				
	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
10	1468.9	1446.7	1431.4	1435.7	1414.6
20	1431.6	1404.3	1458.6	1545.6	1537.5
30	1469.3	1412.4	1485.6	1608.1	1599.9
40	1485.6	1432.2	1531.6	1659.1	1652.0
50	1436.5	1415.6	1539.9	1704.3	1734.3
60	1448.9	1419.1	1537.2	1743.0	1753.4
70	1470.1	1429.9	1534.4	1746.4	1802.9
80	1441.8	1430.9	1541.4	1785.7	1820.9
90	1473.4	1426.2	1547.7	1798.6	1841.5
100	1460.0	1441.5	1547.8	1822.2	1875.5

表 3 走行距離の総削減量 St(km)

参加率	D : R				
	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
10	109.6	223	312.2	359.9	343.3
20	221.2	438.6	650.4	815.2	813.1
30	340.2	661.6	1023	1311.8	1322.5
40	459.5	901.4	1418.1	1840.9	1850.9
50	564.2	1112.4	1792.6	2380.2	2476.2
60	682.3	1343	2159.1	2955.9	3058.4
70	803.5	1579.4	2506.7	3481.3	3707
80	898.8	1793.5	2891.6	4095.8	4317.8
90	1043.7	2013.6	3269.5	4645.4	4937.7
100	1145.7	2268.9	3629.6	5250.1	5619.8

### 5.3 移動時間の増加の到着時間のずれ

ドライバーの移動時間の増加量と同乗者の到着時間のずれについては、参加率が高ければ高いほど、どちらの値も小さくなり両者にとって望ましい相手とマッチングが行われている。ドライバーと同乗者の割合については、ドライバーの割合が高くなると、同乗者の到着時間のずれが減少し、同乗者にとって望ましいマッチングになる一方でドライバーにとっては移動時間の増加量が増加し、望ましくないマッチングになる。逆に同乗者の割合が高くなると、ドライバーにとっては望ましいマッチングになる一方で同乗者にとっては望ましくないマッチングになる。

表 4 ドライバーの移動時間増加量  $Ud(\text{min}/\text{match})$

参加率	D : R				
	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
10	9.02	8.84	7.75	6.26	5.11
20	9.13	8.53	7.80	6.04	4.63
30	8.95	8.61	7.72	5.92	4.34
40	9.09	8.63	7.74	5.86	4.21
50	9.02	8.63	7.72	5.83	4.03
60	8.97	8.62	7.71	5.73	3.96
70	9.04	8.53	7.81	5.73	3.85
80	8.93	8.58	7.77	5.67	3.81
90	8.99	8.47	7.76	5.67	3.78
100	8.95	8.53	7.75	5.64	3.68

表 5 同乗者の到着時刻のずれ  $Ur(\text{min}/\text{match})$

参加率	D : R				
	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
10	42.03	67.40	102.27	142.49	179.01
20	22.03	38.23	63.45	113.23	151.76
30	17.40	25.79	49.70	95.05	137.51
40	12.93	20.66	45.64	83.54	127.30
50	10.72	16.82	37.50	75.59	121.97
60	9.31	14.22	32.81	69.57	116.80
70	7.92	12.58	28.65	65.26	114.11
80	7.07	11.13	26.33	63.43	108.61
90	6.36	10.07	25.11	59.48	105.35
100	5.69	9.03	22.40	56.88	103.47

## 6. まとめと今後の課題

### 6.1 まとめ

本研究では、安定マッチング手法を適用したライドシェアサービスの地方都市への導入を想定し、ライドシェアサービスへの参加率とドライバーと同乗者の比を変動させた際のライドシェアの成立可能性の検討と、ドライバー、同乗者、そして地域全体に対して与える影響の評価を行った。その結果を以下に示す。

サービスの参加率による影響の分析については、参加者が増えるほど、個人が得られる正の効用も社会全体に与える効果も大きくなることが明らかになった。これを踏まえ、ライドシェアサービスにより多くの人が参加するための仕組みについて考える必要がある。

一方でドライバーと同乗者の比については、両者の比を変化させたときに評価指標として用いたそれぞれの値がトレードオフの関係であることが明らかになった。こ

れについては各指標値の変化量を比較し、全体として最も望ましい状態についての議論をする必要がある。

### 6.2 今後の課題

本研究では、全ての個人が一律の選好基準でリストを作成しているが、実際はトリップや個人の属性に応じて、選好基準が違はずである。これに関してはアンケート調査を行うことで改善が可能であると思われる。

また、現在、免許を保有していない交通制約者についてもこのサービスを利用することによって利便性が向上することが考えられる。自動車の交通分担率の高い地方都市において、自動車の運転が困難になった高齢者の移動手段の確保の問題の解決策として本サービスは有効であると考えられる。高齢者のみならず、PT 調査実施時点でドライバーにとって負担や制約になっているような一部の送迎に関してもライドシェアサービスが代替できる可能性がある。

### 謝辞

論文作成にあたり、平成 27・28 年度群馬県パーソントリップ調査のデータを提供していただいた群馬県国土整備部都市計画課に深く謝意を表します。

### 参考文献

- 1) L. Fulton, J. Mason, D. Meroux, "Three Revolutions in Urban Transportation., " Institute for Transportation & Development Policy  
<https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2017/04/UCD-ITDP-3R-Report-FINAL.pdf>.
- 2) 国土交通省, "ライドシェアとは何か?," <http://www.mlit.go.jp/pri/kikanshi/pdf/2017/65-1.pdf>.
- 3) N. Agatz, A. Erera, M. Savelsbergh and X. Wang, "Dynamic Ride-Sharing: a Simulation Study in Metro Atlanta," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol.17, pp.532-550, 2011.
- 4) A. Kleiner, B. Nebel and V. A. Ziparo, "A Mechanism for Dynamic Ride Sharing Based on Parallel Auctions.," *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp.266-272, 2011.
- 5) 佐々木邦明, 二五啓司, 山本理浩, 四辻裕文, "低密度居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, pp.54-64, 2013.
- 6) 四辻裕文, 丸山満帆, "一対一両側マッチングに基づく短距離ライドシェアに関するシステム分析 ~情報誘導によるシステム持続可能性に着目して~, " *交通工学論文集*, Vol.2, No.2, pp.A\_134-A\_143, 2016.
- 7) D. Gale and L. Shapley, "College admissions and the stability of marriage," *The American Mathematical Monthly*, Vol.69, No.1, pp.9-15, 1962.