

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

広島大学 非会員 ○森脇 宇俊
 広島大学 正会員 力石 真
 広島大学 正会員 藤原 章正

1. 背景

現在, 人口減少, 人口の高齢化が進んでいることが社会的な問題となっている. 交通分野においては特に, 中山間地域においてこの問題が深刻になっている. 人口減少による公共交通機関の利用者の減少や自治体の財政難により, バスや鉄道といった従前の公共交通サービスの維持ができなくなっているからである. このような地域では輸送密度が低く, 移動距離が長い交通サービスが求められている. しかし, そのような特徴を有する, 需要に適した公共交通サービスは存在せず, 現時点では自家用車での移動をせざるを得ない状況にある. このように, 中山間地域ではこれまでにない, より少ない費用で効率的に住民のモビリティを確保する必要があることがわかる. そこで本研究では, 効率化をはかったライドシェアの, 中山間地域における成立可能性について理論的な検討を行う.

2. 既往研究

これまでに, 佐々木ら (2013) によって中山間地域におけるライドシェアの意識調査などはなされているが, 実際にサービスが成立するかの議論はなされていない.

一方で, ライドシェアの効率化のために, M. Stiglic et al(2015)はミーティングポイントの導入を行った. ミーティングポイントとは, バス停のようなライダーの乗降を行う地点の事である. ミーティングポイントを, 図1を用いて説明する. 図1のようにドライバーとライダーが1人ずついる状態を考える. ドライバー・ライダーはそれぞれ矢印の向きに移動するものとし, 矢印横の数字はその間の時間を指している. これまでのようにドライバーがライダーを出発地から目的地まで送迎を行うとすると, ドライバーは21の移動時間が必要であった. これを, ミーティ

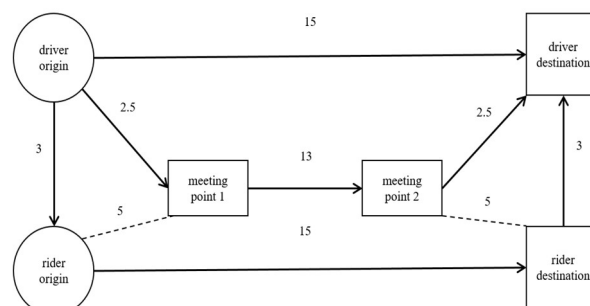


図1 ミーティングポイントのメリット

ングポイントを導入し, ライダーの乗降をミーティングポイントで行うことで, ドライバーの移動時間を18に減らすことができる. また, ミーティングポイントは移動時間のみならず移動距離についても同様に短縮可能である. このように, 導入によってドライバーの負担を軽減することができるため, マッチング率が上昇することが示されている.

また, N. Agatz et al(2011)はタイムウィンドウの導入を行った. タイムウィンドウについて図2を用いて説明する. e は参加者が最も早く出発できる時間で, l は最低限到着したい時間である. つまり, 参加者の移動は e と l の間の時間で行わなければならない. t_{od} は出発地から目的地に到着するまでに必要な時間で, e と l の間の時間から t_{od} を図3のように引いたものがタイムウィンドウと呼ばれる時間である. このタイムウィンドウの中で出発することでそれぞれの移動ニーズを満たすことができる. そのため, ライドシェアを成立させるためには, それぞれのタイ

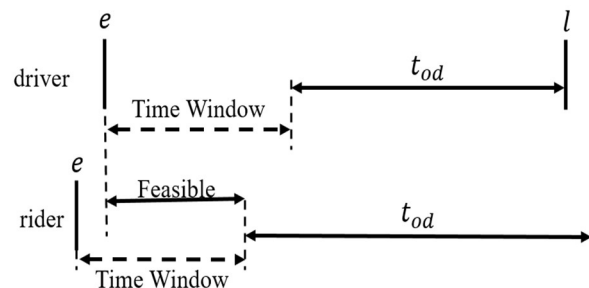


図2 タイムウィンドウ

キーワード ライドシェア, 中山間地域, ミーティングポイント, スケジュール調整

連絡先 〒739-8529 東広島市鏡山1-5-1 広島大学大学院 国際協力研究科 交通工学研究室

TEL 082-424-4693

ムウィンドウが重複した時間が存在している必要がある。従来のライドシェアでは、ある瞬間でのマッチングのみを扱っていた。そのため、タイムウィンドウを利用して事前のスケジュール調整をすることで、マッチングが成立する絶対数を増やすことができ、より効率的なライドシェアの実現が可能になる。

3. ライドシェアマッチングアルゴリズム

本研究ではドライバーの少ない中山間地域におけるライドシェアを想定する。そのため、ライダー1人に対して複数のドライバーを利用して目的地にたどり着くライドシェアは考えないものとする。また、ドライバーの負担を軽減するため、ドライバーは1度の移動においてライダーの乗降をそれぞれ1回ずつのみ行うものとする。これらの条件の上で、ミーティングポイントとタイムウィンドウの導入を行う。Stiglic et al(2015)も同様の想定をしたアルゴリズムを用いている。そのため、本研究ではこのアルゴリズムを基にアルゴリズムを作成する。また、本研究では道路情報を無視し、緯度経度による位置情報のみを利用し、直線で移動を行うものとする。

本研究では、より多くのライダーの移動ニーズを満たし、ドライバーがライドシェアを行う意思があるもののマッチング不成立によるモチベーションの低下を防ぐため、より多くの参加者がマッチングできるものを最適解として扱う。また、参加人数が同じマッチングが複数存在する場合は、その中でそれぞれが個別に移動した場合と比べて短縮した距離(運転短縮距離)が最も大きくなるものを最適なマッチングとする。それぞれのドライバーとライダーのグループの間にはマッチングに参加している人数 v_e 、最大運転短縮距離 σ_e の2つの成分をもつエッジが存在するものとする。E はすべてのエッジを示しており、 x_e は e が最適な組み合わせかどうかを示す決定変数とする(最適な時 $x_e = 1$, そうでないとき $x_e = 0$)。

$$e \in E \quad (1)$$

さらに E_i はドライバーiのエッジの集合、 E_j はライダーjのエッジの集合をそれぞれ示す。ドライバー1人、ライダー複数の場合の、マッチに参加している人数を最大にする目的関数は次の式(2)で計算できる。

$$\max z_1 = \sum_{e \in E} v_e x_e \quad (2)$$

制約条件

$$\sum_{e \in E_i} x_e \leq 1 \quad \forall i \in D, \quad (3)$$

$$\sum_{e \in E_j} x_e \leq 1 \quad \forall j \in R, \quad (4)$$

$$x_e \in \{0, 1\} \quad \forall j \in E. \quad (5)$$

目的関数(2)はマッチした参加者を最大にする。条件(3),(4)はドライバーとライダーがそれぞれ1つのマッチにしか含まれないことを意味している。

さらに、運転短縮距離を最大化するために、目的関数を次のように置き換える。

$$\max z_2 = \sum_{e \in E} \sigma_e x_e \quad (6)$$

2つの目的関数、すなわちマッチに参加する人数を最大化するものと運転短縮距離を最大化するものはライドシェアにおいて重要であり、ここでは z_1 を最初の目的関数、 z_2 を2番目の目的関数として両者を扱う。まず、式(3)-(5)の条件の下で式(2)を解く。導いた解を z_1^* とし、マッチに参加した人数の最大の値とする。そのあと、式(3)-(5)と $\sum_{e \in E} v_e x_e \geq z_1^*$ の条件の下で式(6)を解くことで求めた解を、最適なマッチングとみなす。

4. 研究方法

本研究を進めるにあたり実際のデータで利用できるものがない。一般的に、中山間地域においては買物や診察などのために少し離れた都市へ出向く。そこで、本研究では飯南町と三次市の地理関係と飯南町の人口などを参考に、乱数を用いて仮想データを生成し、マッチング率の分析を行う。そのうえで、本研究においては以下の3点についてのマッチング率への影響を分析する。

中山間地域においては居住地が空間的に疎に分布していることが多い。しかし、ミーティングポイントまで徒歩でアクセスすることを想定する場合、ドライバー及びライダーの空間分布が大きな影響を与えることが予想される。そこで、図3のような居住地が空間的に密集している場合と疎に分布している場合とでどのようにマッチング率に影響があるのかを確認する。また、中山間地域に限られた話ではないが、人口の減少、高齢化が進んでいる。高齢化によっ

てライダーの歩行可能距離も短くなる。今後、これらが進行した場合にどのようにマッチング率が変化するかを検証するため、人口・高齢化率を2つ目の変数として表1のように設定する。

さらに、近年進んでいる自動車運転免許の自主返納が中山間地域でも進んだ場合、ドライバーの不足が懸念されている。そこで、運転免許の自主返納がマッチングにどのような影響を及ぼすのかを検証するため、運転免許の保有率を3つ目の変数として表2のように設定して計算を行う。

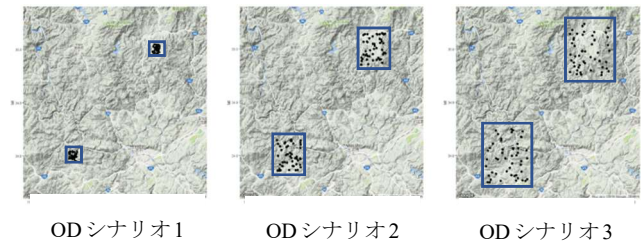


図3 ミーティングポイントの配置のシナリオ

表1 人口・年齢構成のシナリオ

	P_シナリオ1	P_シナリオ2	P_シナリオ3
人口	1000	850	700
～64歳	57%	50%	53%
65～74歳	18%	17%	13%
75～歳	25%	33%	34%

表2 自動車運転免許保有率のシナリオ

	C_シナリオ1	C_シナリオ2	C_シナリオ3
～64歳	99%	99%	99%
65～74歳	70%	50%	30%
75～歳	30%	20%	10%

5. 分析結果

本研究においては、出発地、目的地ともにアクセス可能なミーティングポイントが存在し、かつ移動を提供してくれるドライバーが存在するライダーの数を、全ライダーで割ったものをポテンシャル率と呼ぶ。また、全ライダーの中で、ドライバーとのマッチングに成功したライダーの人数の割合をマッチング率と呼ぶ。また、本研究では乱数を用いた計算を行っ

た。そのため、乱数による計算結果の偏りを小さくするために40回の繰り返し計算を行った。その結果を図4、図5に示す。

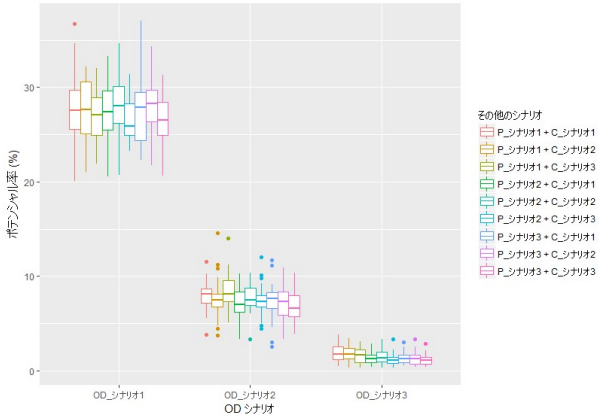


図4 ポテンシャル率

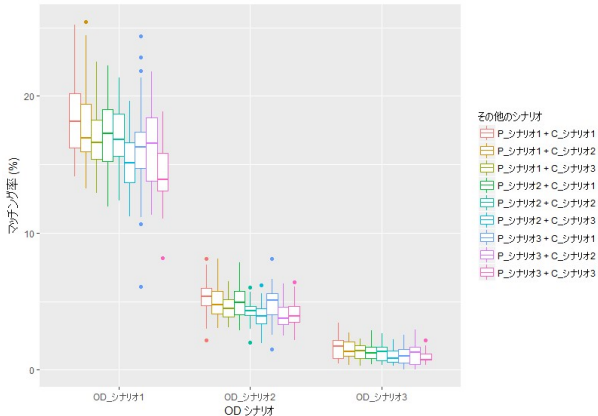


図5 マッチング率

出発地・目的地の密度を3つのシナリオに分けて分析を行った結果、密度が低くなるほどポテンシャル率、マッチング率ともに大きく低下していくことが確認された。

人口減少・高齢化に伴ってアクセス可能なミーティングポイントが減少するなどポテンシャル率の低下は見られなかった。しかし、マッチング率についてはわずかながら低下していくことが確認された。

運転免許の自主返納が進んだ場合においても、ポテンシャル率の低下は見られなかった。しかし、マッチング率は人口減少・高齢化と同様に低下することが確認された。

6. 結論

ライドシェア導入に際しては、出発地、目的地がまとまっていることが1つの条件となることが確認された。また、人口減少・高齢化の進行、運転免許の自

主返納が進んだ場合にはポテンシャル率に大きな変化はなかったものの、マッチング率の低下がみられた。このことから、ドライバーの不足が生じることが確認された。したがって、ライドシェアを導入するにあたっては状況に応じてタクシーのような形でドライバーの数を確保していくことが求められる。

今後の課題として、本研究においては出発地、目的地の密度、人口・年齢構成の変化、運転免許保有率の変化に着目して40回の繰り返し計算を行い、分析を行った。しかし、一般的なライドシェア成立の可能性について議論するには、それぞれより多くのシナリオについて検証する必要がある。また、タイムウィンドウの変化、ミーティングポイントの個数によるマッチング率の変化についても検証すべきである。さらに、乱数による影響をより小さくするために、繰り返し計算の回数をさらに増やすことが必要であると考えられる。

さらに、本研究においては道路情報を無視し、すべての移動が直線でされるものと仮定して計算を行った。しかし、より現実的な可能性を考えるためには実際の地形、道路網に基づいた計算が必要である。

本研究では、参加者のドライバー・ライダーの役割は完全に分けて考えた。しかし現実には状況に合わせてドライバーにもライダーにもなりうる参加者もいるはずであり、マッチングの効率化も図ることが可能である。そのため、そのような役割をアルゴリズムに組み込んでいくことが必要であると考えられる。

参考文献

- 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.
- Mitja Stiglic, Niels Agatz, Martin Savelsbergh, Mirko Gradisar., The benefits of meeting points in ride-sharing systems, Transportation Research Part B, 82, pp.36-53, 2015.
- Niels A.H. Agatz, Alan L. Erera, Martin W.P. Savelsbergh, Xing Wang: Dynamic ride-sharing: A simulation study in metro Atlanta, Transportation Research Part B 45, pp.1450-1464, 2011.