

タクシー車両を用いたマイクロモビリティ再配置

牛島 秀暢[†]
Hidenaga USHIJIMA

西山 勇毅[†]
Yuuki NISHIYAMA

瀬崎 薫^{††}
Kaoru SEZAKI

[†] 東京大学生産技術研究所

^{††} 東京大学空間情報科学研究センター

1. はじめに

都市には、様々な共有型の移動手段が存在する。バスや鉄道などの決まったルートを複数人乗せて走行するものや、タクシーやライドヘイリングなどの個人を目的地まで直接運ぶものなど様々である。しかし、こうした共有型モビリティは需要供給の変化への対応が難しく、全体的には極めて利益率が低い点が問題となっている [1]。中でもタクシーは、効率的に乗客を獲得するためには経験が必要とされ、ドライバーの土地勘がない地域では多くの時間を駅前での待機や空車状態での走行などの時間が大半を占める事が課題とされている [2]。こうした空車状態での待機や走行は、エネルギー効率の面からも改善が求められている。

一方で、近年マイクロモビリティと呼ばれる時速30km以下で走行する、自転車や電動キックボード等を用いた共有型移動サービスが人気を博している。マイクロモビリティは大きく分けて、ドック型とドックレス型に分けられる。ドック型は、ポートと呼ばれる場所から自転車などの車両を借りて目的地付近の別のポートに返却するというサービスである。一方、ドックレス型は、指定の返却場所は存在せず、近くの利用されていない車両をその場で借り、目的地付近で返却するというサービスである。レンタル可能な付近の車両は、ユーザのスマートフォンから検索できる。ドックレス型は、特定の返却場所が存在しないためユーザ側のメリットは大きい一方で、駅前などの特定のエリアに返却車両が集中してしまい、需要供給のバランスが崩れる傾向がある。事業者側は車両の配置バランスを整えるために、定期的に大型車両を用いて車両の回収と車両の再配置を行っているが、再配置の即時性が大きな課題である [3]。

現在のタクシーとドックレス型マイクロモビリティの運用環境を整理すると、(1) タクシーは「営利を伴わない運転時間」になっており、(2) ドックレス型マイクロモビリティは、「再配置の即時性」が問題となっている。これら (1) と (2) の問題を解決するために、本研究ではタクシーの空車リソースを活用したマイクロモビリティ再配置手法を提案する。本稿では、本提案の実現可能性をマルチエージェントシミュレーションを用いて調査する。

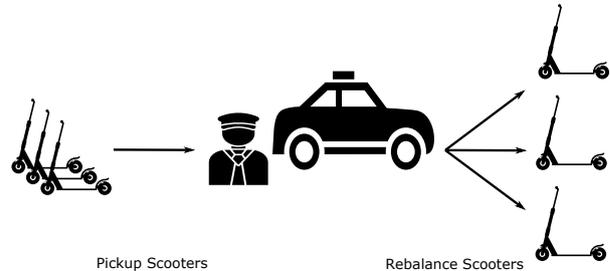


図1 提案手法の概要

2. タクシーを用いたマイクロモビリティの再配置

提案手法の全体像を図1に示す。本研究では、タクシーの需要が少ない時間帯に余った車両とドライバーが乗客の代わりにマイクロモビリティを回収、適切なエリアに再配置を行う事を検討する。一連の行動を行う事で、通常の運行と比較して、タクシーの空車で走行している時間帯を減らしつつマイクロモビリティの車両の偏り解消の解決を試みる。

本提案手法では、以下の順序を繰り返すことで、空車のタクシーに対してマイクロモビリティの再配置タスクを紐付ける。

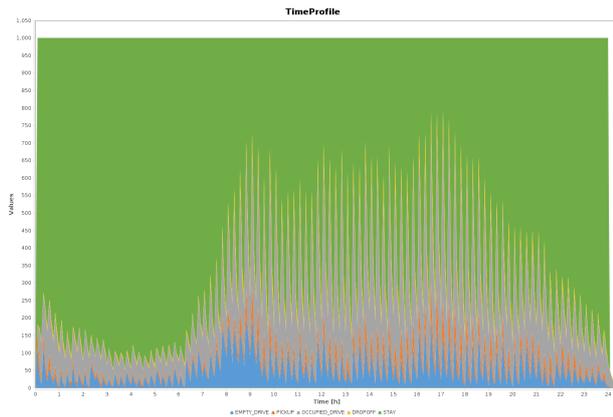
1. データに基づきタクシーに乗客輸送タスクとマイクロモビリティ再配置タスクを依頼する
2. ドライバーが乗車需要が少ない場合は依頼を受けて、地点まで車両を移動してマイクロモビリティをピックアップする。
3. 需要が予想されるエリアに配置する。

今回の実験では、車両がどのエリアに乗り捨てられているかどのエリアに再配置すべきか、競合するタクシーの移動需要を決定する必要がある。はじめに、乗り捨てエリアとして2019年6月から9月のアメリカ合衆国イリノイ州シカゴ市のマイクロモビリティ乗降データを取得して利用した。ただし、データは個人情報保護のため、いくつかの同じエリアにまとめられている。また、時間帯も15分ごとにまとめられている。そのため、シミュレーター上で渋滞と判定されてしまう事を避けるため適度に場所と時間帯にノイズを付加した。どのように再配置するかは、同様のデータを用いて予測した。次に、タクシーの乗車需要については同じくシカゴ市が公開しているタクシー乗降データを用いた。こちらについても、時間帯とエリアにノイズを不可した。また、今回のシミュレーションにおいては、シカゴ市のYellowCabが公開しているタクシー車両数に基づいて稼働台数などを決定した。

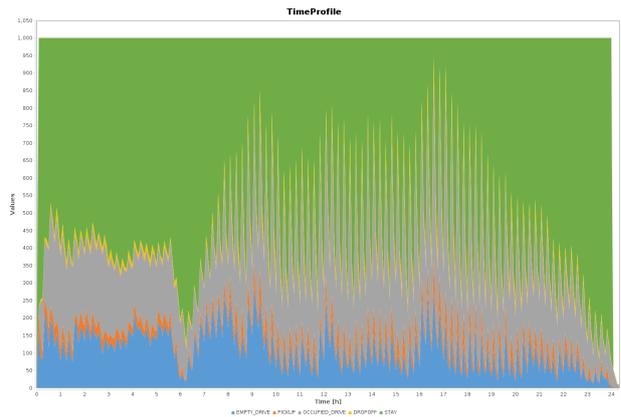
A Study of Micromobility Reallocation Method Using Empty Taxi Vehicles

[†]Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

^{††}Center of Spatial Information Science, The University of Tokyo



(a) 通常のタクシー営業を行った場合



(b) マイクロモビリティの再配置を行った場合

図2 タクシー空車率

3. 評価実験

本研究では、都市空間内でタクシーの通常運行と通常運行+マイクロモビリティ再配置を比較するためにシミュレーションを行った。

3.1. マルチエージェントシミュレーション

マルチエージェントシミュレーションとは、自立して行動するエージェントを起点として系全体の活動をシミュレーションする手法である。本研究では、ドライバーをエージェントとしてシミュレーションを行った。Multi Agent Transportation Simulation (Matsim) というシミュレーションソフトを利用した。MatsimはETHが開発している交通分野に特化したMASであり、様々な交通行動をサポートしている。今回のシミュレーションではMatsimを拡張してマイクロモビリティの需要供給を表現した。シミュレーションは、intel CORE i9, Ubuntu 20.04のワークステーションで実行した。

3.2. 結果と考察

図2にシミュレーション結果を示す。図2内の色は、緑色がタクシーが配車依頼を受けるために、停車し待機している状態である。青色は乗客やマイクロモビリティ回収依頼を受け、移動している状態である。オレンジ色はタクシーが乗客ないし、マイクロモビリティを乗車している状態である。灰色は乗客、マイクロモビリティを車両に載せ目的地に移動している状態である。最後に黄色は乗客やマイクロモビリティを車両からおろしている状態である。つまり緑の状態が多いほど、収益を伴わない移動時間が長いことを意味し、非効率な運用状態であることを意味する。また逆に、灰色の状態が多いほど、収益を伴う移動時間が長いことを意味し、効率的な運用状態であると言える。

はじめに、通常時のタクシーの乗降データをもとに、人の移動需要のみを扱った場合のタクシー空車率シミュレーションの結果を図2(a)に示す。0時から7時頃までは緑の領域すなわち空車で待機している車両が多く8時台から徐々に走行している車両が増えている事が分かる。

次に、通常の乗車需要に加えて、マイクロモビリティの再配置をタクシー車両を用いて行った場合の空車率

シミュレーション結果を図2(b)に示す。6時-24時にもマイクロモビリティの再配置タスクを割り当てた場合の図を示す。図からも全体的に実車状態である灰色のエリアが増えており、夜間等の停車状態だった車両が稼働している事が分かる。乗客のみを輸送するだけのパターンと比較して、19.0%の空車率の削減を実現できた。

一方で、時間帯によっては、青色や黄色の移動時間が増えている。これは、都市郊外のマイクロモビリティの回収やマイクロモビリティを適切な場所に配置した後に、乗車需要が多い都市中心部に戻るための移動時間が大きくなっていることが大きな要因であると考えられる。

4. おわりに

今回の検討では車両と人的リソースの活用に焦点を当てて検討した。一方で、エネルギー効率やCO2の排出量についても検討が必要であると考えられる。また、こうしたタスクを行った結果、必要と考えられる最適なマイクロモビリティやタクシー、バスなどの台数についても検討が必要である。

謝辞

本研究の一部は国立研究開発法人情報通信研究機構に支援頂いた。

文献

- [1] 国土交通省国土交通政策研究所地域公共交通事業における収益性と効率性に関する調査研究, 国土交通政策研究, Vol. 132 (2019).
- [2] 一般社団法人全国タクシー・ハイヤー連合会 TAXI TODAY in Japn 2020 (2020).
- [3] Duan, Y. and Wu, J.: Optimizing Rebalance Scheme for Dock-Less Bike Sharing Systems with Adaptive User Incentive, 2019 20th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM), pp. 176-181 (online), 10.1109/MDM.2019.00-59 (2019).