

ユーザー再配置を考慮したワンウェイ型カーシェアリングの再配置最適化

Car sharing optimization for one-way system based on user relocation

機械制御システム学科 BQ16048 関 倭太郎

指導教員 長谷川 浩志

Abstract

Car sharing systems have been focusing on being new public transportation in Japan. A number of agents and vehicles for the car sharing services have been drastically increasing since AD 2010. A scale of car sharing business is expected to be larger based on Navigant Consulting by considering the relocation problem of one-way car sharing system. Some studies optimized that problem by applying the integer linear programming based on CPLEX and identical greedy algorithm. Therefore, this study also concerns that problem but employs the greedy algorithm for considering the relocation of customers and reducing the cost of employee relocation.

1. 研究背景

近年、カーシェアリングの急速な普及が進んでいる。

2010 年以降を皮切りにカーシェアリングの会員数、車両数ともに年々増加傾向にあり、2019 年にはすでに会員数が 140 万人を超えた^[1]。

ワンウェイ型のカーシェアリングサービスとは、貸し出し場所と返却場所が異なるものである。しかし、ワンウェイ型では車両の偏在が生じてしまい、利用したいが車両が不足している、もしくは車両を返却したいが駐車スペースが存在しないといった要求拒否が生じる。この問題を解消するためには車両の再配置が必要となる。再配置とは、満車で車両を返却できないステーションから空車で車両を利用することができないステーションへと車両を移動させることである。この場合、両ステーションの要求拒否を同時に解決することができる。この再配置にかかるコストが現在問題視されており、再配置を行うアルゴリズムや新たなシステムが必要である。

2. 先行研究

これに対し、UTBM の Rabih Zakaria らはパリでのカーシェアリングサービスの実運用で得られたデータから作成したステーションの配置データと乗客の需要の予測データを用いて、拒否される要求の数の最小化を目指した^[3]。貪欲法というアルゴリズムを用いることで最も複雑な条件下であつてもこの問題をより速く解決することが結論づけられた。一方でステーション間の距離に応じた時間など、現実的なデータは簡単のため考慮されていなかった。

3. 研究目的

本研究の目的は利用者による再配置を考慮することで、再配置におけるコストを削減することである。そのため、先行研究における再配置問題へのアプローチを基に、独自に定義した貪欲法などのアルゴリズムを用いてシミュレーションを行い、これらの有効性を考察する。

さらに日本におけるシステムの有効性も考慮するため、実際の地図データやステーション配置、移動時間、それに伴うコストなどを考慮したシミュレーションを行う。

4. 研究手法

4.1 再配置の流れ

図 1 に要求拒否と再配置の流れを示す。

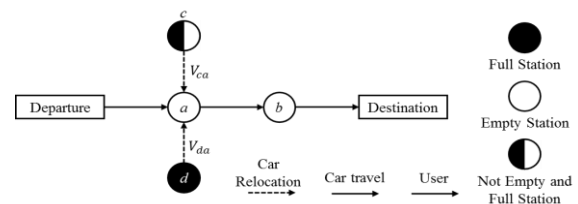


図 1 要求拒否と再配置の様子

図 1 において利用者はステーション a から車両を利用し、ステーション b で車両を返却して目的地へ向かう。このときステーション a は空車の状態なので利用できず、さらに近くのステーション d では満車のため他の利用者が車両を返却することもできない。そのため、ステーション d もしくは利用可能な車両が存在するステーション c から車両をステーション a へ移動させてこれを解決する。このとき、どちらのステーションから車両を移動させるかを何らかの価値観数 V_{ij} にて判断する必要がある。 $V_{da} > V_{ca}$ であるとすればステーション d からステーション a へ再配置を行うことで利用者は目的地へ最短ルートでたどり着くことができる。

4.2 システム構成

再配置問題を扱う上でステーション間の距離や移動時間、その際にかかる運用コストなどのデータが必要となる。入手難易度の観点から三井不動産リアルティ株式会社が運営するカレコ・カーシェアリングのデータとナビタイムジャパン社が提供している地理情報を利用する^[4]。

4.3 使用するデータ

本研究で使用するデータについて述べる。一定範囲内の地図データからカレコ・カーシェアリングにより運営されているステーションの位置を取得する。これにより各ステーションの座標、各ステーション間の距離および移動時間が得られる。

4.4 移動時間を考慮した価値関数

先行研究では簡単のため、どのステーション間の移動も単位時間としていたが、本研究では実際の移動時間を考慮し、シミュレーションを行う。そのため、先行研究にて定義された式に対して新たに第三項を追加した、どのステーション間で再配置を行うのか、最適な選択を行う価値関数 V_{ij} を式(1)^[3]に示す。

$$V_{ij} = w_d \left(\frac{1}{E - G + 1} + \Delta \right) + w_t t_{ij} \quad (1)$$

(1)式にある Δ は以下の式(2)^[3]にて表される。

$$\Delta = \frac{1}{t_G + 1} \times G - \frac{1}{t_E + 1} \times E \quad (2)$$

ここで E は再配置によって取り除かれる要求拒否の数, G は再配置によって新たに生成される要求拒否の数を示す。 t_G はその要求拒否が生成されるまでの時間, t_E はその要求拒否が取り除かれるまでの時間のことである。新たに導入した変数 w_d と w_t , t_{ij} はそれぞれ要求拒否に関する重みと移動時間の重み, 任意のステーション i, j 間の重みである。

4.5 利用者による再配置の導入

コストの削減のため利用者による再配置の導入を行う。利用者は報酬を受け取る代わりに再配置を行う。利用者 u が再配置を行うかどうかは利用者ごとにランダムに生成した確率 P_u で定義する。この確率を用いた新たな価値関数 $W_{(u)}$ と, ある閾値を比較して再配置を利用者に依頼するか, 従業員が行うかを決定する。

$W_{(u)}$ の定義式を式(3)に示す。

$$W_{(u)} = P_u / V_{ij} \quad (3)$$

再配置可能な利用者, もしくは経路が複数存在する場合はそれぞれを式(1)で定義した価値関数にて比較を行う。

5. シミュレーション結果

システムの有効性を考察するため以下の表 1 の条件下でシミュレーションを行った。それぞれ試行時間は 4 時間, 考慮するステーション数は 10 など検証項目以外の条件は共通とした。一方で価値関数を先行研究のものを用いるのか, 再配置を行うのか, 移動時間を考慮するのかといった条件を変更してシミュレーションを行った。

表 1 シミュレーション条件 1

| Case | A | B | C | D |
|-------------|-------|--------|--------|------|
| Value | - | before | before | new |
| Relocate | False | True | True | True |
| Travel time | True | False | True | True |

シミュレーションで得られた結果を図 2 に示す。

RSF(Rejected demand because Station is Full), RSE(Rejected demands because Station is Empty), success の全需要に対する割合が示されている。

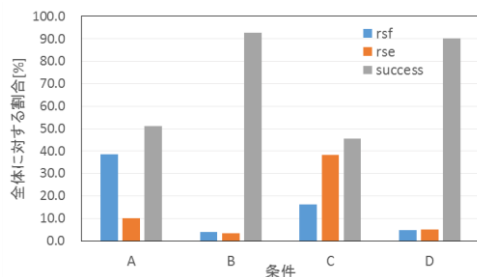


図 2 表 1 の条件下でのシミュレーション結果

ケース A は再配置を行わなかった場合である。この場合, 半数近くの需要は拒否されていることがわかる。これに対し, 移動時間を考慮せず, 先行研究と同じ条件のもと再配置を行ったものがケース B である。ケース B では 9 割近

くの需要が許諾されている。これに対してケース C は移動時間を考慮したものであるが, ケース B と C を比較すると ケース C では RSF, RSE ともに大きく増加していることがわかる。実際, 移動時間を考慮したために, 未来の RSE が判明してから車両を移動させるのに時間がかかってしまい, 間に合わないケースが多くみられた。このために新たに導入した価値関数を適用したケース D では, 移動時間を考慮しているにも関わらず約 9 割もの需要を受託できていることがわかる。

次に, 利用者による再配置を考慮するためのシミュレーションを行った。条件は表 1-D の条件をもとにした。利用者と従業員の再配置を併用する条件をケース E, 利用者のみで従業員は再配置を行わない条件をケース F とした。このときのシミュレーション結果を図 3 に示す。

図 3 ユーザー再配置と従業員再配置の影響

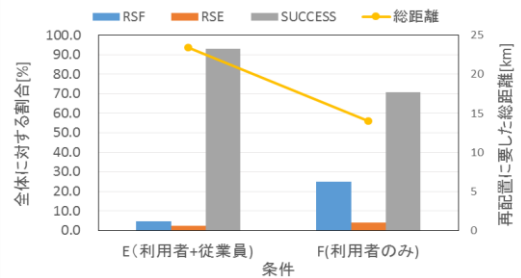


図 3 は需要受託, 拒否の内訳, 利用者と従業員のそれぞれの再配置に要した総距離を示している。利用者と従業員を併用した場合, 9 割以上の要求拒否が取り除かれ, 従業員を稼働させなかった場合は一定数の要求拒否が生じていることがわかる。また, 従業員と利用者を併用した場合の方が再配置のために移動した総距離は長くなってしまっていることがわかる。

6. 考察および今後の展望

以上のことから, 移動時間を考慮した条件下においても, 再配置の有効性, 新たに導入した価値関数の有効性が確認できた。しかし, 利用者による再配置を行う際は, 解決できる要求拒否の数と必要な従業員の数, 再配置のコストがトレードオフとなってしまうこともわかった。

今後はより長い目で見たコスト削減を目的に貪欲法だけでなく強化学習を用いた再配置や再配置する利用者と従業員の数の最適化に取り組みたい。

参考文献

- [1] 公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団, http://www.ecomo.or.jp/environment/carshare/carshare_graph2019.3.html, [最終閲覧日: 2019/06/11]
- [2] 中村謙太, “ワンウェイ型カーシェアリングシステムの導入可能性と最適ステーション配置”, 土木学会, (2017)
- [3] Rabih Zakaria, Laurent Moalic, Mohammad Dib, Alexandre Caminada, “Car relocation for carsharing service: Comparison of CPLEX and Greedy Search”, IEEE, (2014)
- [4] ナビタイムジャパン社, NAVITIME API | ナビタイム API/SDK サービス, <https://api-sdk.navitime.co.jp/api/>, 最終閲覧日: 2020 年 1 月 22 日。