

# ワンウェイ型カーシェアリングにおける車両移送を用いた利益最大化モデル

2017SS057 太田笙那

指導教員：佐々木美裕

## 1 はじめに

カーシェアリングサービス（以下 CS）とは、登録を行った会員が特定の自動車を利用するサービスである。利用の直前までに予約すれば希望する時間に利用したいステーションから車を利用でき、ガソリン代や保険料を支払う必要がないなどのメリットがある。近年 CS が急速に普及し、ステーション数、会員数が増加傾向にある。2021 年 3 月時点で、国内のステーション数は 19,346 カ所（前年比 1.2% 増）、車両台数は 43,460 台（同 7.9% 増）、会員数は 2,245,156 人（同 9.7% 増）である [1]。

## 2 カーシェアリングの種類と関連研究

CS には、ラウンドトリップ型とワンウェイ型（乗り捨て型）の 2 種類がある。ラウンドトリップ型は所定のステーションで車両を借り、利用後は借りたステーションへ返却する方式であるが、ワンウェイ型では借りたステーション以外のステーションでの返却も可能である。ワンウェイ型はラウンドトリップ型より利便性が高い反面、利用者の目的、移動先によって返却するステーションが異なるためステーションの車両台数に偏りが発生する。車両台数に偏りが生じると、車両台数が不足したステーションでは予約の受け入れができないため、担当者にて車両の移送を行う必要がある。本研究では、ワンウェイ型 CS における予約受入数が最大になるように車両の移送を行うモデルを考える。

荻野、竹市 [2] は、各ステーションごとに基準台数を定め、車の台数が基準台数より多いステーションから少ないステーションへ車両の再配分を行い、車両の再配分を行う際に生じた移動距離を配車距離とした。配車距離を最小にすることで、効率的なワンウェイ型 CS の運営を考えている。本研究では、予約受入数が最大となるように車両の移送を行い、車両の移送を行う際に生じるコストを最小にすることで、効率的なワンウェイ型 CS の運営を考える。

## 3 言葉の定義

本研究では、以下の言葉を定義する。

移送

担当者にて利用されていない車を別のステーションへ移動させること

待機枝

利用されない車が同一のステーションにて待機していること

予約枝

予約情報より、出発ステーション、出発時刻のから返却ステーション、返却時刻へ車が利用されること

移送枝

予約を受け入れるために、利用されていない車を予約の出発時刻のノードへ移送をおこなうこと

## 4 記号の定義

以下の記号を定義する。

$I$ : ステーションの集合。

$T$ : 時間の集合。

$C$ : 移送を行う際の 1 時刻当たりにかかるコスト。

$F$ : CS を利用する際の 1 時刻当たりの利用料金。

$u_{ij}$ : ステーション  $i \in I$  からステーション  $j \in I$  への移動にかかる時間。

$k_{is}$ : 時刻  $s \in T$  におけるステーション  $i \in I$  での車の台数。

$r_{isjt}$ : 時刻  $s \in T$  にステーション  $i \in I$  を出発して、時刻  $t \in T$  にステーション  $j \in I$  に到達する予約枝。

$w_{is}$ : 時刻  $s \in T$  から時刻  $(s+1) \in T$  まで、ステーション  $i \in I$  で待機する待機枝。

$x_{isjt}$ : 時刻  $s \in T$  にステーション  $i \in I$  を出発して、時刻  $t \in T$  にステーション  $j \in I$  に到達する移送を行う移送枝。

## 5 予約の種類

予約  $r_{isjt}$  について、利用者が希望する出発ステーション  $i \in I$ 、出発時刻  $s \in T$ 、返却ステーション  $j \in I$ 、返却時刻  $s \in T$  がわかっているものとする。このとき、予約は 2 種類に分けられる。出発ノード  $(i, s)$  にて利用可能な車がある場合、予約の受け入れが可能である。しかし、利用可能な車がない場合には、予約の受け入れが不可となる。本研究では、受入が不可となった予約について移送を行うことで受入数の最大化を図る。

## 6 モデルの説明

各ステーション  $i, j \in I$  について、ステーション間の移動にかかる時間  $u_{ij}$ 、各ステーションにおける車の初期台数  $k_{i0}$  がわかっている。

### 6.1 移送を行わずに予約を受け入れるモデル

予約  $r_{isjt}$  について、出発ノード  $(i, s)$  に利用可能な車がある場合には予約を受け入れ、各ノードの車の台数  $k_{is}$

、ノード間の待機枝  $w_{is}$  の変更を行う。利用可能な車がない場合には、予約の受け入れは不可となる。図 1 では、予約  $r_{2112}$  の出発ノード (2, 1) に利用可能な車がないため、予約は受け入れられない。

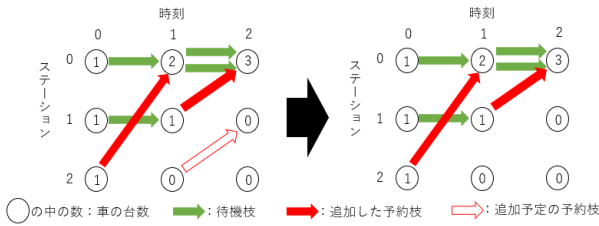


図 1 予約の受入不可の例

## 6.2 移送を行って予約を受け入れるモデル

予約  $r_{isjt}$  について、利用可能な車がない場合に、移送を行い、予約を受け入れる。予約の出発ノード  $(i, s)$  に到達可能な移送枝  $x_{jtis}(s > t)$  が複数ある場合には、移送時間  $u_{ji}$  が最も小さい移送枝を選択する。予約枝  $r_{isjt}$ 、移送枝  $x_{jtis}$  の追加、各ノードの車の台数  $k_{is}$ 、ノード間の待機枝  $w_{is}$  の変更を行う。出発ノード  $(i, s)$  に到達可能な移送枝がない場合には、予約の受け入れは不可となる。図 2 では、移送枝  $x_{0021}$  を追加することで予約  $r_{2112}$  の受け入れが可能となる。

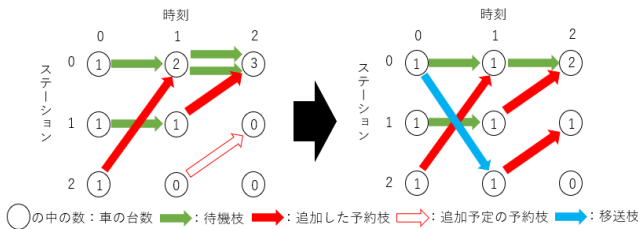


図 2 移送を行う例

## 6.3 利益を考慮して移送を行い予約を受け入れるモデル

移送を行う際に利益を考慮し、予約を受け入れるかどうかを決定する。予約  $r_{isjt}$  を受け入れるための移送枝  $x_{jtis}(s > t)$  を選択した後、移送時間  $(s - t)$ 、移送コスト  $C$ 、利用時間  $(t - s)$ 、利用料金  $F$  より移送を行った場合の損益を計算し、利益がでる場合には移送を用いて予約を受け入れる。マイナスとなる場合には、移送はせずに予約を受け入れない。

## 7 計算実験

本研究では、名古屋市昭和区にある CS のステーションをワンウェイ型 CS のステーションとして利用する。3つのテストデータを作成し、計算実験を行った。計算に使用した PC に搭載されたプロセッサは、Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU@2.50GHz、メモリは 8GB である。表 1、表 2、表 3 に計算結果を示す。表 1 と表 2、3 を比較する

と、予約数が増えるほど移送によって予約受入数の増加が見込める。表 2 より利益を考慮せずに移送を行うことで、予約受入数が最大となる。表 1 と表 3 を比較すると、利益はおよそ 1.4 倍の違いがあった。また、表 2、表 3 より、移送を行う場合の方が予約受入数は大きい、利益を考慮して移送を行った場合の方が利益が大きいため、より利益率の良い予約お受け入れていることがわかる。これにより、利益を考慮して移送を行うことで利益の最大化も望める。

表 1 移送を行わない場合の計算結果

予約数	受入数	移送数	利益
10	8	0	496
20	11	0	852
30	16	0	852

表 2 移送を行う場合の計算結果

予約数	受入数	移送数	利益
10	10	4	388
20	17	11	948
30	20	8	1196

表 3 利益を考慮して移送を行う場合の計算結果

予約数	受入数	移送数	利益
10	10	4	388
20	17	8	1088
30	17	7	1212

## 8 おわりに

予約受入数を最大にする別の方法として、予約の変更を行うことが考えられる。担当者によって車両の移送を行うよりもコストがかからない方法のため、利用者に予約時刻の変更を依頼することは、モデルの改善案として考えられる。

## 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. わが国のカーシェアリング車両台数と会員数の推移. [http://www.ecomo.or.jp/environment/carshare/carshare\\_graph2021.3.html](http://www.ecomo.or.jp/environment/carshare/carshare_graph2021.3.html). 2021 年 8 月 26 日閲覧.
- [2] 荻野翔太, 竹市圭佑. 乗り捨て型カーシェアリングサービスにおける車両再配分の最適化. 南山大学理工学部卒業論文, 南山大学理工学部, 2015.