

# ワンウェイ型利用を許すカーシェアリングシステムのシミュレーションによる分析

2012SE102 河合かおり

指導教員：福嶋雅夫

## 1 はじめに

近年、日本でもカーシェアリング（以下 CS）が普及し始めた。CS とは登録を行った会員間で、特定の自動車を共同利用するサービスである。一般にレンタカーよりも短時間の利用を想定している。個人で自動車を保有することが普通である今日の日本においては、今までにない新たな発想であるが、CS 利用者および CS 車両台数は近年飛躍的に増加している。

現在の日本の CS の体系では、自動車を借用した場所で返却するラウンドトリップ型が大多数であり、レンタカーのように片道利用をすることはほとんどできない。このように借用場所と返却場所が異なる方式はワンウェイ型といわれる。これに対し、CS の改善希望として個人加入者の 32.4%、法人加入者の 33.8% が片道利用制度の導入をあげている [3]。

CS に関係するさまざまな先行研究 [1][4] があるが、片道利用制度についての研究は非常に少ない。そこで本研究では、ラウンドトリップ型だけでなく、ワンウェイ型の利用形態を考慮した CS システムに対するシミュレーションを行うことにより、さまざまな状況の下で利用者の利便性がどのように変化するかを調べることを目的とする。

## 2 カーシェアリングのモデル

本研究では図 1 のような  $n$  個のステーションのモデルを考える。 $n$  個のステーションにはそれぞれ、何台かの車両が配置されており、各ステーションに収容できる車両数の上限はないものとする。利用者がステーションに自動車を利用するためにやってくることを到着とよぶ。実際の CS システムでは利用者は利用前に予約をしてからステーションに行って自動車を借用するが、本研究では、予約をせずに利用時に直接ステーションに赴くものとする。

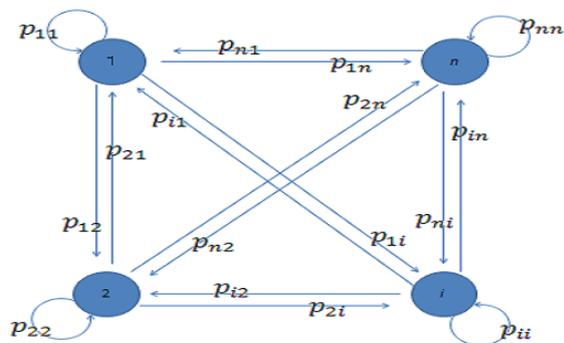


図 1 状態遷移図

図 1 において  $p_{ij}$  を利用者がステーション  $i$  で借用してステーション  $j$  で返却する確率とする。それらの確率  $p_{ij}$  を  $(i, j)$  成分とする行列を推移確率行列とし、(1) 式で定義する。 $p_{ij}$  は確率であるから (2), (3) 式が成立する。

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$p_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

## 3 ラウンドトリップ型カーシェアリングシステムのシミュレーション

現行のラウンドトリップ型 CS システムにおける利用者の利便性について考える。まず、CS の利用者の利便性を任意の観測期間における利用可能率で評価する。利用可能率  $r$  は利用者がステーションに車両を借用しに行った総回数  $a$  のうち、実際に車両を借用することができた回数の割合  $r = b/a$  で定義する。ここで  $a$  は観測期間内にステーションに利用者が到着した総回数、 $b$  は観測期間内に利用者が車両を借用することができた総回数である。ステーションに何台の車両を配置すれば、利用可能率を一定以上に保つことができるのかをシミュレーションにより決定する。

### 3.1 条件

1. 利用形態はラウンドトリップ型のみとする。
2. 利用者の到着は 1 時間あたりの到着回数が平均  $\lambda$  のポワソン分布に従う。
3. 参考文献 [2] に示された利用時間の度数分布を利用時間の確率分布とみなす。
4. 同時刻にステーションに到着する利用者は 1 人で、その利用者が借用する車両は 1 台とする。
5. ステーションに車両が残っていない場合は、利用者は車両の借用を断念する。

利用可能率が満たすべき一定以上の条件として、各観測期間・各到着率において利用可能率が 80% 以上となった試行の数が全試行回数の 80% 以上であることとする。この条件を満たす配置車両台数のうち、最小の車両台数を求める。シミュレーションは観測期間終了を 1 回の試行とし 3000 回行う。試行毎にステーションに配置する車両台数をリセットする。

### 3.2 結果・考察

どの観測期間でも到着率が同じであれば、必要な車両台数はほぼ等しくなる。このことから、ラウンドトリップ型 CS システムにおいて、到着率が変動しない場合は十分な車両台数をステーションに初期に配置しておけば、その後新たに車両を追加する必要はないことがわかる。

表 1 必要車両台数

観測期間 \ 到着率 λ	0.3~0.5	0.6	0.7~0.8	0.9	1.0~1.2
1日	3	4	4	5	5
3日	3	3	4	4	5
5日	3	3	4	4	5

## 4 ワンウェイ型利用を許すカーシェアリングシステムのシミュレーション

2章でモデル化した CS システムにおいて、ワンウェイ型利用を導入する。

### 4.1 条件

1. ステーションの数は2つとする。
2. 利用形態はワンウェイ型を許す。
3. ステーション1, 2における到着率は等しいとする。
4. 乗り捨てする割合を表す推移確率行列  $P$  を対称行列とし、次式で与える。

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 \\ 0.1 & 0.9 \end{bmatrix}, P_2 = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 \\ 0.2 & 0.8 \end{bmatrix},$$

$$P_3 = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.3 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}, P_4 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.4 & 0.6 \end{bmatrix}$$

その他の条件はラウンドトリップ型 CS システムのシミュレーションと同じとする。

利用可能率が満たすべき一定以上の条件はラウンドトリップ型シミュレーションと同様とする。ただし、利用可能率は  $r = (b_1 + b_2) / (a_1 + a_2)$  と定義する。ここで  $a_1, a_2$  は観測期間内にステーション1, 2に利用者が到着した総回数,  $b_1, b_2$  は観測期間内にステーション1, 2で利用者が車両を借用することができた総回数である。

### 4.2 結果・考察

表2~表5に観測期間・到着率別に必要車両台数をまとめた。車両を5台配置しても4.1節で述べた利用者の利便性が確保できない場合 + と表記した。網掛けの部分は3章で求めたラウンドトリップ型 CS システムにおける必要車両台数(表1)と同じ車両台数になったところである。

観測期間が長い方が同じ到着率に対して必要な車両台数が多い傾向がある。同じ推移確率行列  $P$  であっても、観測期間が長くなるにつれ、ラウンドトリップ型 CS システムで必要となった配置台数よりも多く必要になる。これは観測期間が長くなるにつれ、返却される車両がステーション

表 2  $P_1$  に対する必要車両台数

観測期間 \ 到着率 λ	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
1日	3	3	4	4	4	4	5	5	5	+
3日	3	4	4	4	4	5	5	5	+	+
5日	3	4	4	4	5	5	5	5	+	+

表 3  $P_2$  に対する必要車両台数

観測期間 \ 到着率 λ	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
1日	3	3	4	4	4	5	5	5	+	+
3日	4	4	4	4	5	5	5	5	+	+
5日	4	4	4	5	5	5	5	5	+	+

表 4  $P_3$  に対する必要車両台数

観測期間 \ 到着率 λ	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
1日	3	4	4	4	5	5	5	5	+	+
3日	4	4	4	5	5	5	5	5	+	+
5日	4	4	4	5	5	5	5	5	+	+

表 5  $P_4$  に対する必要車両台数

観測期間 \ 到着率 λ	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
1日	3	4	4	4	5	5	5	5	+	+
3日	4	4	4	5	5	5	5	5	+	+
5日	4	4	4	5	5	5	5	5	+	+

1 またはステーション2に偏ってしまうためだと推測される。観測期間が長くなるほどワンウェイ型の利用をする利用者が増えるので妥当な結果だといえる。

## 5 おわりに

ワンウェイ型利用を許す CS システムでは観測期間が長くなるほど、またワンウェイ型の利用をする割合が多くなるほど、ラウンドトリップ型 CS システムで必要となる車両台数より多くの車両台数を配置しなければならない。

現実には各ステーションに収容できる車両数に上限がある。また、利用者の到着率は全てのステーションで等しいと仮定したが、ステーションごとに異なる場合も考慮する必要がある。さらに、ワンウェイ型の利用をする割合も到着率と同様に全てのステーションで等しいと仮定したが、ステーションごとに異なる場合も考慮する必要がある。また、3つ以上のステーションの場合も考察する必要がある。これらは今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 市丸新平：わが国におけるカーシェアリング普及のための課題と方策の考察，第39回土木計画学研究発表会・講演集（2009）
- [2] 公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団：自動車共同利用（カーシェアリング）社会実験報告書（2002）
- [3] 公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団：カーシェアリングによる環境負荷低減効果の検証報告書（2013）
- [4] 仲尾謙二：カーシェアリングがもたらすもの一利用者の効用に着目した分析一，Core Ethics Vol.9（2013）