

## カー・シェアリング・システムにおける乗車方法割当

## Assignment of Riding Way in Car Sharing System

上杉 健太郎† 向 直人‡ 池崎 正和† 渡邊 豊英†  
 Kentaro Uesugi Naoto Mukai Masakazu Ikezaki Toyohide Watanabe

## 1. はじめに

近年、車両の個人所有の増加による、社会全体での車両過多が問題になっている。車両過多は、交通渋滞や、駐車場不足の原因となるため、車両過多の緩和効果が期待できる。カー・シェアリング・システムが注目を浴びている。カー・シェアリング・システム[1,2]は、デマンドバス[3,4]のように、オンデマンドな車両利用形態のひとつであり、車両を個人で所有するのではなく、複数の利用者で共有する点が特徴である。

カー・シェアリング・システムは、車両を任意のステーションに返却可能なワン・ウェイ方式と、返却するステーションが予め定められたラウンド・トリップ方式に分類できる。ワン・ウェイ方式は、利便性が高い一方、利用者が任意のステーションに車両を返却するため、ステーション間で駐車車両分布が偏る。これにより、ワン・ウェイ方式の運営者は、車両過多状態のステーションから、車両過少状態のステーションに車両を再配置する必要がある[5]。

我々は既に、駐車車両が過多状態のステーションで、分割乗車を割り当てることにより、再配置回数を削減する手法を提案した。シミュレーション実験を行い、提案により再配置回数が削減されることを確認した。しかし、駐車車両が過少状態のステーションにおける割り当て手法を考慮していなかった。本稿では、ステーションの状態に応じて、適切な乗車方法を割り当て、駐車車両分布を均衡化する手法を提案する。

本稿の構成は以下の通りである。2章で研究の概要を示し、3章で提案手法を示す。また、4章でシミュレーションの結果を報告し、5章でまとめと今後の課題を述べる。

## 2. 概要

駐車車両分布が偏り、車両が過少状態のステーションが発生すると、新規の利用者に対し、即座に車両を割り当てることできない。その結果、利用者は他の交通機関を利用し、システムの利用率が低下すると考えられる。本手法は、ステーションの状態に応じて、通常乗車、分割乗車、相乗乗車のいずれかの乗車方法を利用者へ割り当て、駐車車両分布の均衡化することにより、利用率の低下を防ぐ。通常乗車とは、1組の利用グループに対して1台の車両を割り当てることである。分割乗車とは、1組の利用グループに対して複数台の車両を割り当て、車両の流出を促す乗車方法である。相乗乗車とは、複数の利用グループに対して1台の車両を割り当て、車両の流出を抑える乗車方法である。

## 3. 手法

## 3.1 通常乗車

$n$ 人から成る1組の利用者に対して、1台の車両を割り当てる。乗車ステーションでは、駐車車両が1台減少し、降車ステーションでは、駐車車両が1台増加する。

## 3.2 分割乗車

$n$ 人 ( $2 \leq n$ ) から成る1組の利用者に対して、 $m$  ( $2 \leq m \leq n$ ) 台の車両を割り当てる。乗車ステーションでは、駐車車両が  $m$  台減少し、降車ステーションでは駐車車両が  $m$  台増加する。通常乗車と比較すると、車両移動量は1台から  $m$  台に増加する。これにより分割乗車は、通常乗車に比べ、「乗車ステーションにおける駐車車両数の減少」と、「降車ステーションにおける駐車車両数の増加」を加速する効果がある。

## 3.3 相乗乗車

降車ステーションが等しい  $k$  組の利用者、計  $n$  ( $k \leq n$ ) 人に対して、1台の車両を割り当てる。つまり、利用者は、他の利用者として、1台の車両に同乗して降車ステーションへ向かう。乗車ステーションでは、駐車車両が1台減少し、降車ステーションでは、駐車車両が1台増加する。通常乗車と比較すると、車両移動量が  $k$  台から1台に減少する。これにより相乗乗車は、通常乗車に比べ、「乗車ステーションにおける駐車車両数の減少」と、「降車ステーションにおける駐車車両数の増加」を抑制する効果がある。

## 3.4 割当条件

本手法では、駐車車両の分布バランスを各ステーションの適正車両数と駐車車両数の残差平方和で表し、車両移動後に残差平方和が最小となるような乗車方法を割り当てる。各ステーションでは、利用者発生数の期待値に基づき、配備されるべき適正車両数が決まる。ステーション  $s_i$  の適正車両数  $\alpha_i$  は、 $s_i$  での乗車予約数  $R_i$  と  $K$  箇所の全ステーションでの乗車予約数  $R_{all}$  (式(1))、システムが保持する車両数  $C$  により求められる(式(2))。ステーション  $s_i$  の適正車両数  $\alpha_i$  と駐車車両数  $C_i$  の間に生じる残差  $D_i$  は式(3)で求められ、全てのステーションの残差平方和  $T$  は式(4)で求められる。車両移動後の残差平方和を最小とするために、乗車ステーション  $s_i$  と、降車ステーション  $s_j$  の適正車両数の組  $(\alpha_i, \alpha_j)$  と車両移動後の駐車車両数の組  $(C_i, C_j)$  の間に生じる残差  $D_i, D_j$  の二乗和  $T_{ij}$  (式(5)) が最小となるように乗車方法を割り当てる。

$$R_{all} = \sum_{i=0}^{K-1} R_i \quad (1) \quad \alpha_i = C \times \frac{R_i}{R_{all}} \quad (2)$$

$$D_i = |\alpha_i - C_i| \quad (3) \quad T = \sum_i D_i^2 \quad (4)$$

$$T_{ij} = (\alpha_i - C_i)^2 + (\alpha_j - C_j)^2 \quad (5)$$

† 名古屋大学大学院情報科学研究科

‡ 東京理科大学工学部 電気工学科

4. 実験

4.1 実験環境

計算機シミュレーションにより提案手法を評価する。評価項目は、利用率、駐車車両分布バランスの2項目である。利用率は、システムを利用することにより、目的地への到達時間を短縮できた利用者の割合である。

駐車車両分布バランスは、各ステーションにおける、駐車車両数と適正車両数の残差二乗和で表す。評価に用いる値は、各ステップでの残差二乗和を平均したものである(式(6))。この値が大きいほど駐車車両の分布バランスが崩れていることを表す。

表1: 実験パターン

パターン\乗車方法	通常	分割	相乗
PT1	○	—	—
PT2	○	○	—
PT3	○	—	○
PT4	○	○	○

表2: パラメータ

ノード	30×30
エッジ長	20ピクセル
ステーション数	20箇所
車両数	100台
車両移動速度	20ピクセル/step
利用者移動速度	2ピクセル/sctp

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^K (\alpha_i - C_j)^2 \quad n: \text{ステップ数} \quad (6)$$

表1に示すように、4種類の割り当て手法を比較した。PT1では通常乗車のみを割り当て、PT2では通常乗車と分割乗車、PT3では通常乗車と相乗乗車、PT4では通常乗車、分割乗車、相乗乗車のいずれかを割り当てた。

サービスエリアは30×30のノードを格子状に配置し、各パラメータを表2にまとめる。また、各シミュレーション・プロセスで利用者が発生する確率を「利用者発生率」とし、1~20%に変化させた。

4.2 実験結果

図1、図2より、相乗乗車により駐車車両分布が改善され、利用率が向上することが確認された。しかし、分割乗車と比較し、改善効果は小さかった。これは、相乗乗車を割り当てた割合の低さが原因であると考えられる。相乗乗車を割り当てするには、乗車ステーションと降車ステーションが等しい2組の利用者が発生する必要がある、このため、

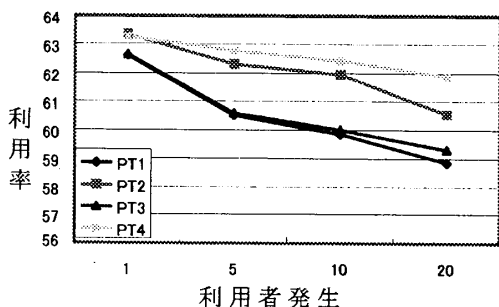


図1: 利用率

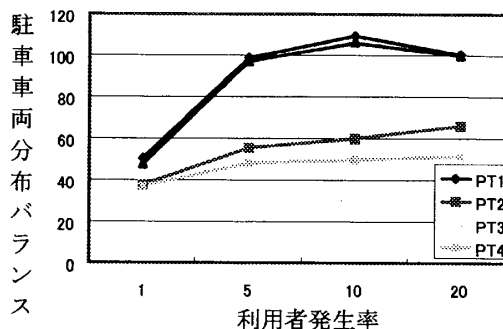


図2: 駐車車両分布バランス

利用者発生率が低いと、相乗乗車の条件を満たす確率が減り、システムに及ぼす影響が小さくなったと考えられる。また、図1、2のPT2、PT3、PT4より、分割乗車と相乗乗車の両方を割り当てることによる相乗効果が確認された。

5. おわりに

本稿では、オンデマンドな顧客輸送システムである、ワン・ウェイ方式のカー・シェアリング・システムにおける駐車車両分布の最適化手法を提案した。提案手法では、利用者にステーションの状態に応じて、通常乗車、分割乗車、相乗乗車のいずれかの乗車方法を割り当てることにより、ステーションでの車両流入数と流出数を制御した。シミュレーション実験により、提案手法は駐車車両分布のバランスを維持し、利用率を向上させることを確認した。また、分割乗車と相乗乗車の双方を割り当てることによる、相乗効果が確認された。

シミュレーション実験において、相乗乗車は「2組の利用者グループ間で降車ステーションが等しい」という条件のため、割り当て回数が少なかった。このため、今後の課題として、乗車方法割当て時に「途中乗車」や「途中下車」などを考慮に入れ、より適切な乗車方法を割り当てる必要がある。

参考文献

- [1] J. E. Abraham: "A Survey of Preferences in Car-Sharing", *The Journal of World Transport Policy & Practice* (2000).
- [2] E. Britton: "Executive Summary in Carsharing 2000: Sustainable Transport's Missing Link", *The Journal of World Transport Policy & Practice* (2000).
- [3] 太田正幸, 篠田孝祐, 野田五十樹, 車谷浩一, 中島秀之: "都市型フルデマンドバスの実用性", 情報処理学会高度交通システム研究会研究報告(2002), Vol. 2002, pp. 239-245.
- [4] 野田五十樹, 太田正幸, 篠田孝祐, 熊田陽一郎, 中島秀之: "デマンドバスはペイするのか?", 情報処理学会研究報告(2003), Vol. 2003, pages 31-36.
- [5] N. Mukai and T. Watanabe: "Dynamic Location Management for On-Demand Car Sharing System", *The 9th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems (KES2005)*, Vol.1, (2005).