

# 相乗りカーシェアリングシステムのシミュレーション評価 Simulation Evaluation of Share-Ride Car Sharing System

余田 尚人<sup>†</sup>  
Naoto Yoden

向 直人<sup>†</sup>  
Naoto Mukai

## 1. はじめに

現代社会では、道路網等の交通インフラの発達と共に、自家用車が広く普及している。しかし、都市地域等における自家用車の利用頻度が低い家庭においては、車両の維持・管理費用の負担が相対的に大きくなってしまふ。そこで、車両の共有利用という新しい生活スタイルが近年注目を浴びている[1]。本稿では自動車の共同利用であるカーシェアリングに注目する。車両にかかる諸費用を、利用者間で分割することができるため、自家用車を所有するより負担を小さくできる。しかし、カーシェアリングシステムは、日本において導入されたばかり、まだ普及しておらず、サービス提供者の採算が成り立たない状況にある。また、日本で実施されている現行のカーシェアリングシステムのほとんどは、車両の乗車と返却を同じ拠点で行うシングルデポ型であり、自家用車に比べ利便性は著しく低下する。そこで、本稿ではサービスエリア内の複数の拠点間で乗り降りが可能なマルチデポ型を採用し、相乗りを考慮した新しいカーシェアリングシステムを提案し評価する。マルチデポ型では、シングルデポ型と異なり、拠点毎に配置される車両数に偏りや不足が生じやすい。この問題を解決するため、目的地が異なる複数の利用者が同一の車両で移動する相乗り方式をシステムに導入する。幅優先探索により、相乗りを考慮した複数の経路候補を列挙し、その中から効果が最大となる経路を選択することで相乗り相手を決定する。

2章では、提案する相乗りを導入したマルチデポ型カーシェアリングシステムについて述べる。3章ではシミュレーションにより提案システムを評価する。最後に、4章で本稿をまとめ今後の課題を述べる。

## 2. 相乗りマルチデポ型カーシェアリング

### 2.1 シミュレーションモデル

提案するカーシェアリングシステムをモデル化する。正方形の実施エリア内において  $N$ 箇所の拠点集合  $D$ を配置する。拠点  $d_n$ は、その拠点に駐車されている車両数  $C_n$ 、利用者待ち行列  $U_n$ を属性に持つ。

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\} \quad (1)$$

$$d_n = (C_n, U_n) \quad (2)$$

利用者集合を  $U$ で与える。利用者  $u$ は実施エリア内でランダムな位置に発生する。簡単のため、1度のシミュレーションステップで1人の利用者が発生すると仮定し、複数人で構成される利用者を考慮しない。さらに、エリア内の道路網は考慮せず、利用者は自由に移動経路を選択可能とする。利用者  $u$ の属性として発生地  $s$ 、目的地  $g$ 、乗車拠点  $d_{ride}$ 、降車拠点  $d_{drop}$ を持つ。また、乗車拠点

$d_{ride}$ ・降車拠点  $d_{drop}$ はそれぞれ、発生地に最も近い拠点・目的地に最も近い拠点とする。

$$U = \{u_1, u_2, \dots\} \quad (3)$$

$$u = (s, g, d_{ride}, d_{drop}) \quad (4)$$

図1にカーシェアリングシステムのモデル例を示す。実施エリア内に6箇所の拠点 ( $d_1 \sim d_6$ )が配置され、4人の利用者 ( $u_1 \sim u_4$ )が発生している。また、拠点  $d_1 \sim d_6$ に駐車されている車両数は  $C_1 \sim C_6$ である。さらに、 $d_4$ には利用者  $u_4$ が待機している。利用者  $u_1$ の目的地を図の  $a$ 地点とすると、乗車拠点  $d_{ride}$ ・降車拠点  $d_{drop}$ はそれぞれ  $d_6 \cdot d_3$ となる。道路網を考慮しないため、目的地までの最短経路は図の実線の矢印のように  $[d_6 \rightarrow d_3 \rightarrow a]$ となる。

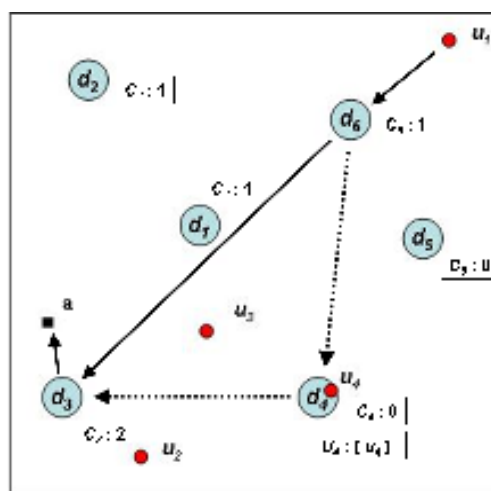


図1 カーシェアリングのモデル例

### 2.2 相乗り処理

マルチデポ型カーシェアリングでは、利用者は複数の拠点で乗降車が可能のため、車両数の偏りや不足が問題となる。この問題を改善するため、相乗り処理をシステムに導入する。相乗り処理とは、利用者が目的地に向かう際、他の拠点で待機している利用者を同乗させることを意味している。図1の破線の矢印で表わされている経路が相乗りを考慮した経路である。拠点  $d_4$ の駐車車両数  $C_4$ が0であるため、利用者  $u_4$ は拠点に待機している。 $u_4$ の降車拠点が  $d_3$ であるとき、利用者  $u_1$ は、 $d_6 \cdot d_3$ の途中で拠点  $d_4$ を経由し、利用者  $u_4$ を同乗させ、目的地である拠点  $d_3$ に向かう。このように、相乗り処理を導入することで、車両の偏り・不足による利用者の待機時間を軽減できると考えられる。

<sup>†</sup>東京理科大学 工学部第一部 電気工学科

図2に利用者の行動フローを示す。利用者の徒歩速度・車両速度はそれぞれ一定とする。利用者は発生後、乗車拠点に徒歩移動し、拠点の駐車車両数が1以上であれば、相乗りを考慮した経路探索を行い降車拠点まで車両移動する。もし、駐車車両数が0であった場合、その拠点で待機し、車両の返却、または相乗りの機会を待つ。車両を確保した利用者は、経由拠点に相乗り候補となる利用者がいた場合は、その利用者を同乗させる。利用者は降車拠点へ到着後、車両を返却し目的地まで徒歩移動する。

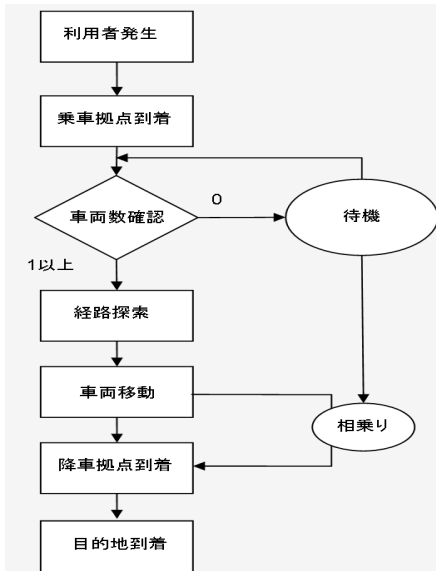


図2 利用者の行動フロー

### 2.3 幅優先探索による相乗り経路の決定

一般に、経路探索では、代表的な最短経路探索手法であるダイクストラ法が用いられる[2][3]。本研究では、相乗りを考慮した同一拠点への全経路を列挙するため、幅優先探索を用いる。幅優先探索は、グラフの根ノードから探索を始め、隣接するノードに対して探索を繰り返すことで、目的の解を発見する探索法である。本システムでは、相乗り経路を探索するため、探索路において同じノードを2回以上展開した場合も探索を停止する。経路発見後も、同様の処理を繰り返し全経路を列挙する。最後に、列挙された経路について、式(5)で経路の評価値  $V$  を算出し、最も評価の高い経路を選択する。ここで、 $dis(p, p')$  は実施エリア内の2点間 ( $p, p'$ ) の距離を表す。また、経路上において辿る拠点を  $s_1, s_2, \dots, s_m$  と表している。さらに、 $V_c$  は車両速度、 $A$  は対象経路における相乗り回数、 $W$  は相乗りに対する評価重みである。この評価重みにより、最短経路と相乗り経路のバランス調整が可能となる。

$$V = \frac{1}{(A \cdot W + 1)} \sum_{n=1}^{m-1} \frac{dis(s_n, s_{n+1})}{V_c} \quad (5)$$

経路決定例として図3を示す。簡単のため、車両速度  $V_c$  と評価重み  $W$  は共に1とする。実施エリア内に、6つの拠点 ABCDEF を配置し、利用者が A から E へ向かうときを考える。また、拠点 B には、拠点 F に向かう待ち利用者が存在していると仮定する。経路長が最小となる経

路は「A—D—E」だが、評価値計算では相乗りを考慮した「A—B—F—E」の値が最小になる。よって、経路「A—B—F—E」が最終的に選択される。

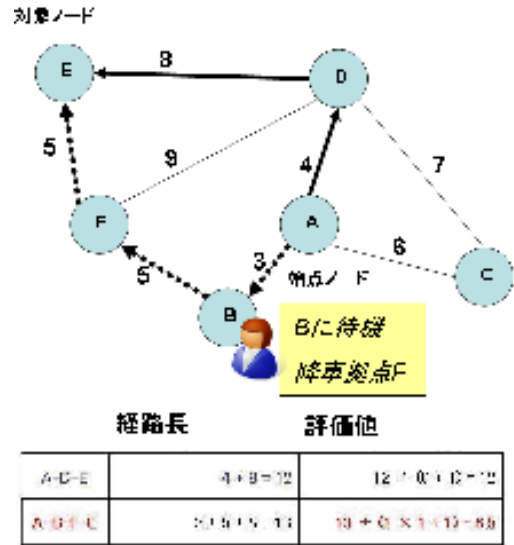


図3 評価値による経路決定例

### 3. シミュレーション

50×50の正方形の実施エリアを想定しシミュレーションに評価を行った。また、一般的な車両速度は時速40km~60km、徒歩速度は時速4km~5kmであることから、シミュレーション内での、車両速度を1、徒歩速度を0.075とした。20パターンの拠点配置に対し、相乗りに対する評価重み  $W$  を0.2刻みで0~3まで変化させて、10000ステップまで実行した。また、1経路における最大相乗り数は、車両の乗車可能人数を考慮し4回までとする。表1、表2に示される(a)~(f)、(g)~(l)のパラメータ設定で、平均移動時間、平均相乗り回数を比較する。

表1 パターン(a)~(f)のパラメータ設定

パターン	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
拠点数	4	5	6	4	5	6
各拠点の初期配置車両数	2台		5台			
利用者発生率	1%					

表2 パターン(g)~(l)のパラメータ設定

パターン	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)
拠点数	6					
各拠点の初期配置車両数	2台		5台			
利用者発生率	1%	3%	5%	1%	3%	5%

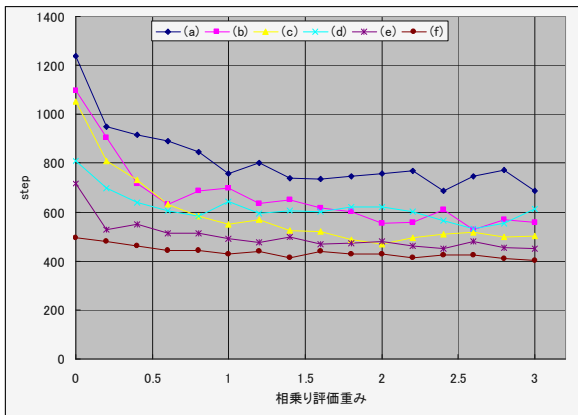


図4 平均移動時間(a)~(f)

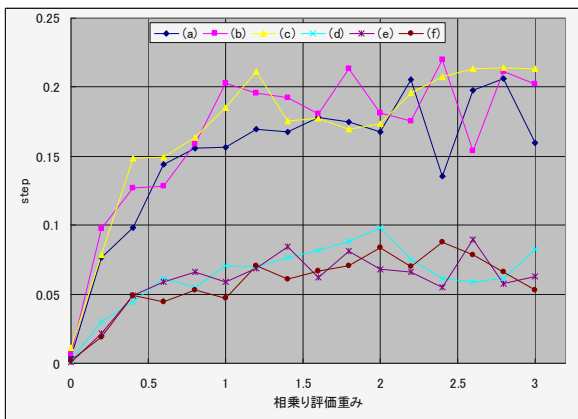


図5 平均相乗り回数(a)~(f)

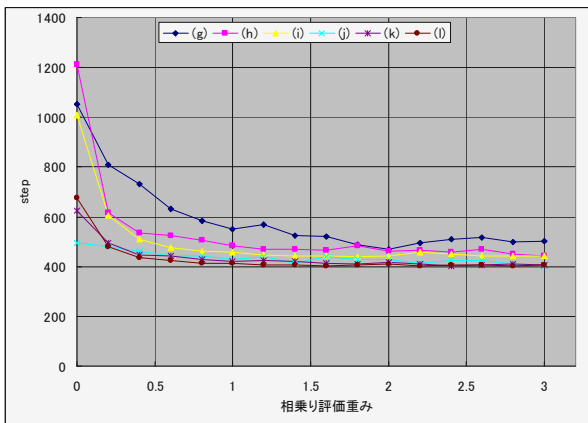


図6 平均移動時間(g)~(l)

図4、6は平均移動時間、図5、7は平均相乗り回数を表している。いずれのパターンにおいても相乗り評価重みを大きくすることで、相乗り回数が増加したため、平均移動時間が短縮されたことがわかる。しかし、相乗り評価重みが1を超えると平均移動時間は収束し、相乗りによる効果は得られなかった。これは、相乗りによる経路長の増加が原因と考えられる。また、初期車両台数を5台と設定した(d)、(e)、(f)、(j)、(k)、(l)では、車両不足・偏りの影響が小さいため、全体的に平均移動時間を抑える

ことができた。これは、発生する利用者に対し、十分な拠点数、車両数が配置されているからだと考えられる。

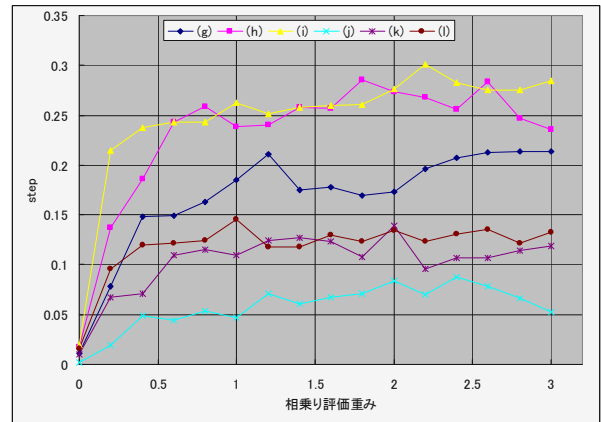


図7 平均相乗り回数(g)~(l)

以上の結果から、相乗り評価重みを1と設定したとき最も効果が大きく、また1以上に設定すると、冗長な相乗りが発生してしまうことがわかった。今回のモデルでは、経路決定時に相乗りする利用者を決定している。このため、待ち合わせ予定の拠点に向かうまでに、相乗りする利用者が他の車両で目的地に向かってしまった場合、無駄な走行となってしまうことがある。また、待ち利用者発生から相乗り車両到着までの時間が、移動時間に大きく影響してしまう。よって、相乗り相手の状態を考慮した経路決定、また、待ち利用者の発生していない状態での車両の偏り・不足を補う処理が今後の課題である。

#### 4. まとめ

利便性の高いカーシェアリングシステムとして、マルチデポ型カーシェアリングに注目し、車両の偏り・不足を改善するため相乗り方式を導入した。幅優先探索により、相乗りを考慮して経路を列挙し、評価値が最も高い経路を選択した。相乗りを導入することで少ない車両台数でも、利用者の移動時間を効果的に短縮させることができた。また、拠点数、車両配置数、利用者発生率の違いによる移動時間の変化を確認した。今後の課題は相乗り経路をリアルタイムに最適化することである。また、グループでの利用者や、道路網を考慮し、より現実に近いモデルでシステムを評価したい。

#### 参考文献

- [1] 渡辺美穂, 羽藤英二: 柏の葉キャンパスにおける自転車共同利用サービスの利用実態とポート配置の評価に関する研究, 第7回 ITS シンポジウム 2008 Peer-Review Proceedings, 1-A-06 pp.25-30 (2008)
- [2] 川辺俊宏, 小畑経史, 原恭彦: 制約つき最適経路探索アルゴリズムの提案 ~車いす利用者の移動支援システムの構築に向けて~, 第7回 ITS シンポジウム 2008 Peer-Review Proceedings, 1-A-04, pp.13-18 (2008)
- [3] 川村尚生, 菅原一孔: バスネットワークのための実用的な経路探索システム, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.780-790 (2007)