

ワンウェイ型カーシェアリングシステムの 導入可能性検討のための分析ツール

森 俊勝¹・溝上 章志²

¹非会員 熊本大学産学官連携研究員 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

E-mail: mtoshi1822@gmail.com

²正会員 熊本大学教授 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

E-mail: smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp

ドイツのcar2goやフランスのautolib¹など、欧米を中心に大規模なワンウェイ型カーシェアリング（以下、OWCS）システムが実装され定着してきている。我が国でも、その利便性や経済性などの面から、カーシェアリングシステムは新たなモビリティとして今後導入が進んでいくと考えられるが、OWCSシステムの導入する上で、利用需要予測だけではなく、駐車デポ配置や料金水準などの効率的なOWCSシステムの運用方法、駐車や充電設備配置などの道路空間の利活用方法を事前に検討する必要がある、これらを可能とする分析システムが求められている。

そこで、交通利用者の交通手段転換モデルおよび移動モデルを内包し、対象地域にOWCSシステムを導入した際の様々なサービス運用シナリオを評価できる分析システムとして、メソ交通シミュレータのプロトタイプを構築した。

Key Words : *one-way car sharing system, agent-based simulation, meso traffic simulation*

1. はじめに

ドイツのcar2goやフランスのautolib¹など、欧米を中心に乗り捨て型のカーシェアリングサービスである「ワンウェイ型カーシェアリング（以後、OWCS: One-Way type Car Sharingと記す）」システムが社会実装され定着してきている。我が国でも、その利便性や経済性などの面から、カーシェアリングシステムは新たなモビリティとして、今後導入が進んでいくと考えられる。OWCSシステムには、専用のステーションが存在し、ステーションで乗車・返却するステーションベース型と、専用ステーションが存在せず、対象地域内であれば道路の路側帯や公共駐車場に返却可能なフリーフロート型がある。

フリーフロート型の方がステーションベース型よりも自由度が高く欧米では主流であるが、欧米とは異なり、我が国では路上駐車が認められていないことから、我が国ではステーションベース型が主流になるとと思われる。

OWCSシステムを導入するには、持続可能なサービスであるか判断するために、あらかじめ長期的な利用需要予測に基づく施策評価を行っておくことが不可欠である。利用需要予測には、交通手段や交通経路に関する

個々人の選択は駐車デポの設置位置や料金体系などのサービス水準はもちろん、過去の利用経験や他社との相互関係などを総合的に判断して行われる。中村らは、交通利用者のOWCSへの置き換えモデルを構築し、ステーションの配置による利用状況の変化を評価している^[1]。しかし、交通状況への影響については考慮していない。交通利用者の交通行動結果は交通状況に影響を及ぼし、その結果交通選択が変化すると考えられる。そのため、分析ツールにはこれらの要因を考慮できるシステムが必要であるが、現状、有効な分析ツールは無い。本研究ではOWCSシステムの導入可能性の検討のための分析ツールを構築し、その有効性の検証を行う。

2. OWCS導入可能性検討のための分析ツールの概要

交通利用者は、日々出発時に目的地まで移動するための交通手段と移動経路をあらかじめ決めて移動すると仮定する。その際の主な意思決定要因として、表-1に示す4つがあり、これらをOWCS分析ツールには内装する必

表-1 交通手段・経路選択要因

意思決定要因	具体的内容
1) 個人属性	運転免許保有, マイカー・二輪車・自転車保有状況, 利用可能なバス停・駅の有無, 利用可能なデポの有無, 同行人数での利用可能性など
2) 交通手段のサービス特性	速度, 費用, 待ち時間, 乗換回数, 乗換時間, 利用可能な経路
3) 交通状況	予想される道路渋滞状況, バスや鉄道の混雑状況, カーシェアリングの利用状況
4) 予想移動時間	利用する移動経路と交通手段の移動速度, 道路の混雑状況に基づいて予想される移動時間 (主観値)

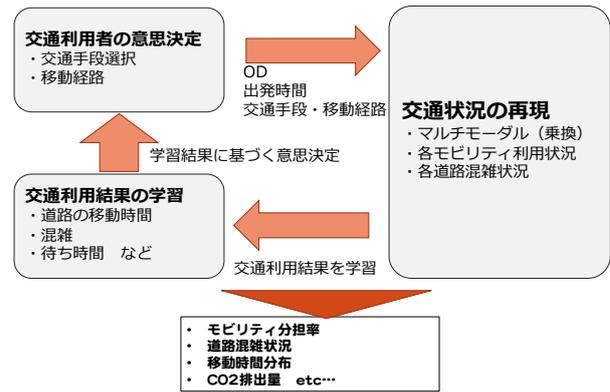


図-1 分析ツールの構成

要がある。

個人属性とは、交通手段のサービス特性とともに個人ごとの選択行動に反映させるためには個人単位の交通手段と経路の選択行動のモデル化が必要である。交通状況とは、各利用者が選択した交通手段と経路で移動した結果の生じる道路の混雑やバス・鉄道などの車両内の混雑であり、システム内ではこれらを表現することも必要になる。予想移動時間は、過去の移動経験に基づき主観的に変更されるものであり、前回までの移動結果を学習して以降の交通選択時に反映するようなモジュールが内装される必要がある。

個々の交通需要者は、日々変動する選択した交通手段や経路のサービス特性と交通状況を学習し、それらの水準に基づいて日々の意思決定を行う。そのため、日々の選択は変化するが、ある程度経験が蓄積されてくると安定すると考えられ、それに対応するためのモジュールも必要になる。持続可能なサービスであるかを判断するためには、この安定した状況での利用需要を評価することが適切である。

以上より、本分析ツールは、個々の交通需要者が交通手段と経路の選択行動モデルを内装し、その集計値によって変動する交通状況がさらに個々の選択行動に影響を及ぼすことを表現可能なエージェントベースの交通シミュレーションのアプローチを採用した。本分析ツールは、サービス導入効果を評価するために必要な分担率、道路混雑状況、移動時間分布、CO2排出量などを出力することが可能である (図-1)。

3. エージェントベースの交通シミュレータ

(1) 交通シミュレーターの構成

エージェントベースの交通シミュレータは、個々の交通利用者を「エージェント」として表現し、それぞれ個人属性を持ち、自律的な意思決定および交通行動を行う様子をシミュレートするものである。著名なオープンソ

ースのエージェントベースの交通シミュレータに MATSim や SUMO がある。MATSim は、スイス連邦工科大学チューリッヒ校とベルリン工科大学で開発された交通シミュレータで、メソレベルまたはマクロレベルの交通シミュレーションを扱うことが可能である^[2]。一方の SUMO は、ドイツ航空宇宙センターが開発する交通シミュレータで、マイクロレベルの交通シミュレーションを扱うことが可能である^[3]。本研究で扱う OWCS システムは、都市圏規模の地域を想定しているため、計算時間の観点でマイクロレベルではなく、当然、個々の交通利用者の移動プロセスを表現できないマクロレベルでもなく、メソレベルの交通シミュレーションが適切である。MATSim のメソ交通シミュレーションの交通流モデルには、処理が比較的高速で、渋滞の延伸およびショックウェーブが表現可能なキューモデルを備える。しかし、我々は OWCS システムの利用需要分析に特化した表示や操作方法、および将来の他のシステムとの連携や機能の拡張性を考慮し、以下に示すような特徴を持ったエージェントベースのメソ交通シミュレータを独自開発した。

- 1) 入力データの種類と属性など
 - ・ パーソントリップデータ
 - ・ 道路, バス路線, バス停, 鉄道路線, 鉄道駅, カーシェアリングデポの GIS(Shapefile)データ
 - ・ 手段選択モデルパラメータデータ
 - ・ 交通サービスデータ (ステーションの初期車両配置台数, 料金, 時刻表など)
- 2) 交通シミュレーションの構成と出力など
 - ・ エージェントベースのメソ交通シミュレーション (ショックウェーブを考慮可能な physical-queue モデルを採用)
 - ・ マルチモーダル (マイカー, 二輪車, 路線バス, 鉄道, カーシェアリング, 自転車, 徒歩)
 - ・ データベースへの各交通利用者の行動結果の格納
 - ・ 個々の交通利用者のパラメータや, デポの利用状況, 道路交通量状態をリアルタイムに画面出力

- ・ 選択された交通手段，道路混雑状況，移動時間などファイル出力

(2) 利用者行動モデル

個々の交通需要者は，目的地までの移動に利用可能な複数の移動の選択肢から，個人属性と交通手段のサービス特性と予想移動時間（主観値）に基づき，日々，最適な交通手段と経路それぞれの選択肢集合から効用最大の選択肢を選択する（図-2）。

選択モデルとしては，計算上の簡便さから交通手段選択モデルとしてよく用いられるロジットモデルを採用した。ただし，本シミュレーションにおける交通利用者選択モデルでの移動手段の選択肢には，一つの交通手段に対して，さらに幾つかの車両や経路が選択肢として存在する場合もあることから，選択肢間の誤差項の相関を考慮する必要がある。そこで，IIA特性を緩和したネステッドロジットモデルを採用した。

利用可能な交通手段・経路の選択肢のそれぞれに対して効用を算出し，それに基づき選択確率求め，より確率の高い選択肢を選択しやすくなる「ルーレット選択」で利用する交通手段・経路を決定する。効用計算に用いる属性は以下の通りとした。

- ・ 定数項：説明変数に含まれない要因による各交通手段への影響
- ・ 移動距離：選択枝の経路全体の移動距離
- ・ 移動時間：選択枝の経路全体の予想移動時間（主観値）であり，過去に経験した移動時間の平均値を反映
- ・ 費用：選択枝の経路全体にかかる費用（換算燃費などの合計）
- ・ 乗換回数：交通手段の乗換回数

各属性のパラメータについては，SP 調査などを行った上で推定して設定するが，詳細は発表時に示す。

4. 試解析

交通手段・移動経路選択モデルにおける各種パラメータについては，今後 SP 調査などを行った上で設定する予定であるため，まずは仮の値を設定したシミュレーションを実施した（図-3）。

対象地域を熊本の中心市街地から3~5kmの範囲とし，平成 24 年度熊本都市圏総合都市交通体系調査データ（PTデータ）を利用し，対象地域内を移動する（出発地・目的地の両方が対象地域内）259,520トリップを対象とした。各トリップに対応する交通利用者をエージェントとして，シミュレーションを実施した。

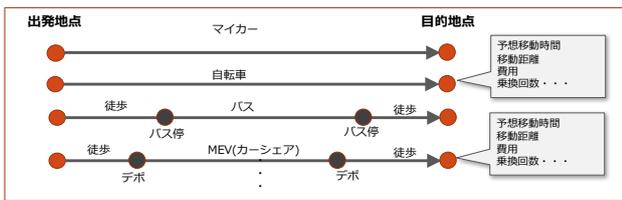


図-2 選択肢の例

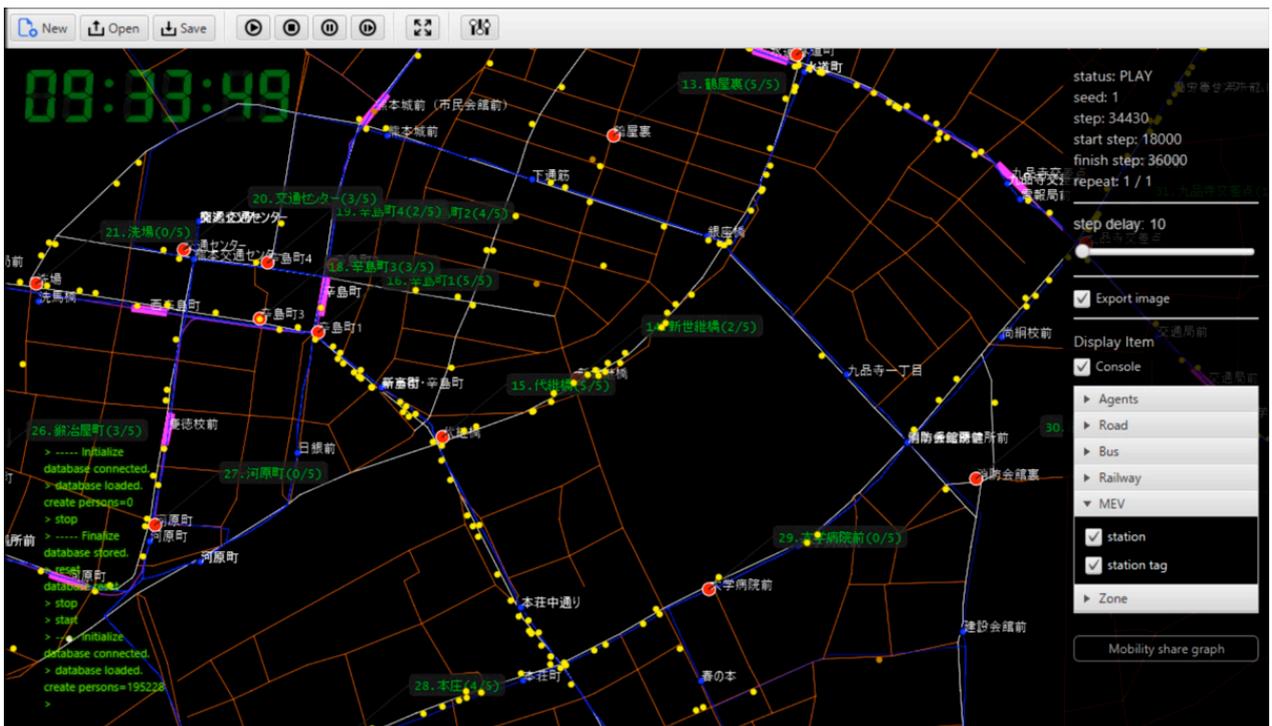


図-3 シミュレーションの実行の様子

その結果、10日目程度までは交通手段・経路の変更を行っていたが、10日目以降になると変更はほとんどなくなった。

5. 結論

OWCSシステムの利用需要分析ツールのプロトタイプとして、利用者交通選択モデルに基づくエージェントベースのメソ交通シミュレータを構築した。試解析の結果、想定していた通り個々の利用者が学習により行動を変化させるプロセスが観察でき、最終的にいずれかの交通手段・経路に収束することを確認できた。つまり、この状態での交通利用者の交通手段・移動経路が、個々の交通利用者が定常的に利用するものであるとみなすことができ、長期的な観点での利用需要を分析できることが示唆された。

謝辞：本研究は、平成28年度「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」助成の支援を受けて実施したものの一部である。

参考文献

- 1) 中村謙太, 溝上章志, 橋本淳也: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,土木学会論文集 D3,Vol.73, No.3,pp.135-147, 2017.
- 2) M. Balmer, K. Meister, M. Rieser, K. Nagel and K.W. Axhausen: Agent-based simulation of travel demand Structure and computational performance of MATSim-T, Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung 504. June 2008.
- 3) D.Krajzewicz, J.Erdmann, M.Behrisch and L.Bieker.: Recent Development and Applications of SUMO - Simulation of Urban MObility, International Journal On Advances in Systems and Measurements, 5 pp. 128-138, 2012.

(2017.?.? 受付)