

# カーシェアリングシステムの普及過程を 考慮した運用シミュレーション分析

古澤 悠吾<sup>1</sup> ・ 溝上 章志<sup>2</sup> ・ 円山 琢也<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 熊本大学 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)  
E-mail:168d8829@st.kumamoto-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 熊本大学教授 大学院先端科学研究部 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)  
E-mail:smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 熊本大学準教授 政策創造研究教育センター (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)  
E-mail:takumaru@kumamoto-u.ac.jp

新たな交通サービスとして、カーシェアリングの利用者は年々増加しているが様々な問題も存在する。駐車場所の不足やシステム構築の難しさからワンウェイ型カーシェアリングは国内ではあまり普及していない。したがって、国内ではワンウェイ型カーシェアリングの普及過程のデータを得ることが出来ない。本研究では、普及過程を考慮したカーシェアリングシステムの作成を行う。また、どのような普及促進策がシェアリングシステムの普及に効果的であるかを分析する。

**Key Word:** MEV, one-way type car-sharing system, operation simulation analysis, coverage rate

## 1. 序論

日本のCO<sub>2</sub>排出量のうち、運輸部門からの排出量は約20%を占めており、その排出量の約9割は自動車から排出されている。自動車・交通分野のCO<sub>2</sub>削減・省エネルギーは、政府のエネルギー・環境戦略上、極めて重要な柱である。中長期的な自動車分野の省エネ化には、徹底した燃費改善に加え、特に省エネルギー・環境性能に優れた電気自動車の効果的な普及が必要である。

電気自動車の効果的普及のためには、成功事例を創出しその普及を加速するとともに、充電箇所の設置等の電気自動車の弱点を克服し、自動車利用の実態に即した新たな交通サービスの導入が必要である。その新たな交通サービスとして着目されているのがカーシェアリングサービスである。カーシェアリングを利用する為には、入会手続きを行い、あとは利用したい時に予約するだけで簡単に車両を利用することができる。数時間前から予約が可能であるため、ふとドライブしたい時、急用が有る時にも便利である。また車両を利用した分だけ料金を払うので、レンタカーほど料金もかからない。実際にMV(Micro Vehicle)やMEV(Micro Electric Vehicle)などの小型自動車、小型電気自動車を利用し事業を行う企業も存在し、環境負荷削減の取り組みとしても注目され、利用されている。

カーシェアリングには返却方法でワンウェイ型とラウンドトリップ型に分別できる。車両を返却するデポは必ず借りたデポと同一でなければならないラウンドトリップ型と車両を返却するデポが借りたデポと異なってもよいワンウェイ型の2種類である。またワンウェイ型は返却場所の有無によってステーションベース型とフリーフロート型に分けられる。ステーションベース型は専用のステーションが存在するがフリーフロート型には専用のステーションは存在せず路上や公共の駐車場に返却することが出来る。また導入地域と対象需要からもシティーカー型、セカンドカー型、ステーション型に3分類することができる。シティーカー型は都心部や市街地での日中の生活や業務での利用を対象とされている。セカンドカー型は郊外住宅地などで主に買い物での利用を対象とし、ステーションカー型は郊外での通勤や業務を対象としている。ラウンドトリップ型よりもワンウェイ型の方が利用者側は利便性が高いが需要の偏りにより借りたい時に車両がない、返却したいのにデポに車両が満車で別のデポに返却せざるをえないなどの問題が生まれる可能性がある。このようなシステム構築の難しさや、駐車場の確保の難しさなどが原因で、国内で大規模なワンウェイ型カーシェアリング(以下OWSと表記する)事業は行われていないため、ワンウェイ型カーシェアリングの普及過程も分かっていない。

本研究では普及過程に影響を受けるOWSシステムへの置き換えモデルの構築を行い、運用シミュレーション分析を行う。また様々なパターンでシミュレーションを行うことで、各要素が普及過程にどのような影響を及ぼすか分析する。

本論文は6章から構成されている。第2章ではカーシェアリングの現況と既存研究について述べる。第3章ではOWSシステムへの2つの置き換えモデルについて説明し、第4章ではその置き換えモデルを用いたシミュレーションの手順の説明とシミュレーション結果の分析を行う。第5章では普及過程に対する様々な要素の影響分析を行い、第6章で本研究の成果、課題、活用可能性について述べる。

## 2. カーシェアリング・MEVの現況と課題

### (1) カーシェアリングの現状

海外では様々な新しいカーシェアリングサービスが始まっている。例えば、Getaroundは一般市民が所有している車両をGetaroundに登録し、貸し手側がレンタル価格を定めて自分の車両を貸すことが出来る。借りたいと申請が来た時には借り手側の情報を見て、レンタルするか否か、所有者が決めることが出来るなど、自由度の高いサービスになっている。このサービスの特徴はGetaroundが保険会社とパートナーになっているため、個人間の車両の貸し借りを、Getaroundを挟むことですべての車両に保険を付けることが可能となったことである。このような新しいサービスも存在するが、事業数、利用者数が多いのはワンウェイ型のカーシェアリングである。大手事業の1つである自動車メーカーのダイムラー社とレンタカー会社のEuropcarによるフリーフロート型のカーシェアリング事業であるCar2goは、2008年にサービスが開始され、2015年には車両台数約13,000台を所持し、フリーフロート型では最大手の事業である。利用時には予約は必

要なく、スマートフォンで車両の位置を確認し、会員用カードを車両にかざして開錠を行う。返却時には街中の駐車スペースに駐車しなければならないが、駐車スペースは街中に設置されており、簡単に返却場所を探し出すことが出来る。

国内でも同様にいくつかのカーシェアリング事業が行われている。横浜市と日産自動車の共同で2013年から2015年まで行われていた「チョイモビ」は国土交通省から特別な認可を受けて通常では公道を走ることが出来ないMEVを70台導入してサービスを行った。1分30円で利用でき会員数は13,000人にも及んだにも関わらずコスト面の問題を抱えたままサービスは現在ストップしたままである。そのような中、国内の事業で唯一黒字営業を行っているものとして、パーク24グループに属し、カーシェアを行う「タイムズカーシェアプラス」サービスがある。パーク24はグループとして全国に約15,000カ所駐車場を持っていたがカーシェアリングのための車両を保持していなかった。そこでマツダレンタカー事業を譲り受け、独自の駐車場管理システムを活用することで現在では国内最大手の事業となっている。タイムズカーシェアプラスの場合は元々駐車場事業を行っていたために初期投資の費用が大幅に削減できたこと、最適なサービス提供を行うために独自の駐車場管理システムを用いたことが事業の成功した要因になっている。

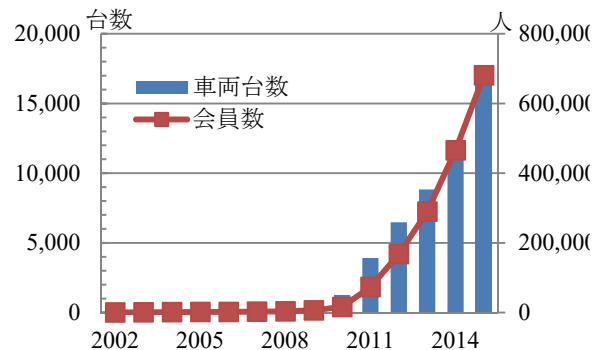


図-1 カーシェアリングの会員数と車両台数の推移

表-1 主要サービス比較 (交通モビリティ協会より)

利用体系	名称	実施地域	車両ステーション数	車両台数	会員数
ワンウェイ	car2go	世界8カ国 29都市	フリーフロート	約13,000	約1,000,000
	Autolib	フランス	720	1,750	45,000
	ZipCar	欧米	760,000	10,000	810,000
ラウンド トリップ	タイムズカーシェアプラス	37都道府県	6,462	11,284	457,264
	オリックスカーシェア	14都道府県	1,348	2,172	129,591
	モビシステム	16都道府県	57	970	3,980
	カテラ	10都道府県	120	150	8,000
	アースカー	20都道府県	190	215	13,746
	チョイモビ・ヨコハマ	神奈川県横浜市	55	50	12,000

図-1に示すように日本でもカーシェアリングの利用者は年々増加しており、カーシェアリングの普及は順調に進んでいるようだが、表-1に示すようにタイムズカーシェアプラスを除く国内事業と海外事業には利用者、規模に大きな差が生まれていることが分かる。国内事業の大部分がラウンドトリップで小規模な事業を行っており、初期投資に多くの資金が必要なサービスであるのに、車両の配置数、駐車場の確保などシステムの運営の難しさ、また普及過程が不透明で、利益が生まれるかというリスクが大きいためであると考えられる。

## (2)MV と MEV を用いたカーシェアリング

自動車よりコンパクトで小回りが利き、環境性能に優れ、地域の手軽な移動の足となる1人～2人乗り程度の車両であるMVやMEVなどの超小型モビリティは次世代のモビリティとして期待されている。この超小型モビリティの導入により国土交通省は生活・移動スタイル再考機会の創出を目指し、以下の効果を期待している。

- 1)省エネルギー・低炭素化への寄与
- 2)生活行動における新たな交通手段の提供、新規市場・需要の創出
- 3)子育て世代や高齢者の移動支援
- 4)観光地や地域活動の活性化を通じた観光・地域振興

カーシェアリングサービスは従来の交通サービスでは満足がいかない地域や、多くの公共交通サービスが存在する地域でもその公共交通サービス間の移動手段として補助的な役割を果たす新しい交通サービスと考えられている。このようなカーシェアリングの地域間の短距離な利用と、MEVのような容易に乗り降り・駐車出来る超小型モビリティは相性が良く、実際に多くの自動車会社がカーシェアリング事業に、MV や MEV などの超小型モビリティを提供、販売している。

## (3)既存研究レビュー

カーシェアリングに関する既存研究は、1)カーシェアリングのサービス比較考察、2)交通行動への影響分析、3)潜在需要分析などがある。1)について、内田<sup>1)</sup>は、カーシェアリングが盛んなドイツで、フリーフロート型とステーションベース型の比較を行っており、フリーフロート型の自由度の高さを評価している。しかし、フリーフロート型は事前予約が不可であること、大都市でのサービスに限られていることを指摘している。2)については矢野・高山ら<sup>2)</sup>はカーシェアリングサービスへの加入が自動車利用距離の削減に及ぼす影響を求めている。その中で、カーシェアリングサービスに加入することで、自家用車を手放した利用者の自動車利用距離が約8割減少していること明らかにした。3)については石村・倉内ら<sup>3)</sup>は松山市におけるカーシェアリング普及のために必要

な基礎情報を得ることを目的とし、潜在需要分析を行っている。PT 調査を用いて分析することで、松山市の約7割の自動車がカーシェアリングへの転換により削減可能であることが分かった。

この様にカーシェアリングに関する論文は多いが、ワンウェイ型カーシェアリングの普及過程を分析しているものはない。また溝上ら<sup>4)</sup>は開発したOWSシミュレーションによりシステムの挙動を表現しているが、普及過程を考慮していないためにサービス開始初日から予約受付トリップが最大に達した後に均衡するようなトリップの転換になっている。しかし、実際のサービス導入に当たっては導入初期の急速な需要増加の半面、普及の低迷による需要の膠着が想定される。本研究では溝上らの開発したOWSシミュレーションを活用し、普及過程を考慮した新たなOWSシステムのダイナミックな運用シミュレーション分析を行う。

## 3. 普及モデル化

### (1)2つの OWS 選択モデル

本研究の主要な目的は、普及過程のモデル化と、そのモデルを考慮した OWS システムの運用シミュレーションを構築することにある。OWS システムに限らず、ある財やサービスが導入される際、初期には必ず利用者と非利用者が存在する。本研究ではカーシェアリングのサービスの利用者と非利用者、それぞれに固有な OWS システムに転換するかしらないかの2項のロジット型 OWS システム選択モデルを適用することにより、普及過程をモデル化する。以下では、一度でも OWS システムを利用した経験がある人が OWS システムを利用するか否かを選択するモデルを(a)利用者モデル、OWS システムを一度も利用したことのない人が利用するか否かを選択するモデルを(b)非利用者モデルと表記する。

本研究では普及過程の影響分析のために、新たに非利用者モデルを定式化する。ここでは $t$ 期における個人の OWS システムの利用・非利用に対する効用関数をそれぞれ以下のように定式化する。

$$V_{OWS,i,t} = u_{i,t} + \gamma S_{i,t-1} + \varepsilon_{OWS,i,t} \quad (1)$$

$$V_{NON,i,t} = -u_{i,t} - \gamma S_{i,t-1} + \varepsilon_{NON,i,t} \quad (2)$$

$V_{OWS,i,t}$  は個人 $i$ が $t$ 期に OWS システムを利用することによって得る効用、 $V_{NON,i,t}$  は個人 $i$ が $t$ 期 OWS システムを利用しないことによって得る効用である。また、 $u_{i,t}$  は個人 $i$ が $t$ 期に OWS システムを利用する影響のうち私的動機のみ依存する確定項、 $S_i$  は $t$ 期における OWS シス

テムの普及率である。  $\varepsilon_{OWS,i,t}$  と  $\varepsilon_{NON,i,t}$  は私的動機のみ  
に依存するランダム項、  $\gamma$  はネットワーク外部性の影  
響度を表すパラメータである。

(1), (2)の定義によって、 今期の効用は年齢やトリ  
ップ長、 デポまでの距離など個人に関する要因だけでなく、  
前期の普及率にも影響される構造となっている。

このとき両者の効用差  $\Delta V_{i,t}$  は以下のように表せる。

$$\begin{aligned} \Delta V_{i,t} &= V_{OWS,i,t} - V_{NON,i,t} \\ &= 2u_{i,t} + 2JS_{t-1} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、  $\varepsilon_{i,t} = \varepsilon_{OWS,i,t} - \varepsilon_{NON,i,t}$  である。  $\varepsilon_{OWS,i,t}$  と  
 $\varepsilon_{NON,i,t}$  が独立かつ同一のガンベル分布に従うとすると、  
個人  $i$  の  $t$  期における OWS システムの選択確率  $P_{i,t}$  は以  
下の 2 項ロジットで表される。

$$P_{i,t} = \frac{1}{1 + \exp[-2\beta u_{i,t} - \beta J(2S_{t-1} - 1)]} \quad (4)$$

ここで  $\beta$  はスケールパラメータである。

**(2)利用者モデル**

利用者モデルはOWSに置き換えするか否かを選択する2  
項ロジットモデルである。 モデル推定のために下記で説  
明するSP調査を行った。

調査対象地域は図-2に示す市中心部から半径10km圏内  
からランダムに選んだ13校区に対し、 各30世帯への訪問  
留置法により実施されたOWSシステムへの転換意向を  
聞くSP調査である。 SP調査は次のような手順で実施さ  
れている。 1)都市圏パーソントリップ調査と同様に平日  
の1日の全トリップを尋ねる。 2)OWSシステムの説明を  
行い、 先に回答したトリップの内どのトリップがOWS  
システムに置き換えてもよいトリップか質問する。 置き  
換えてもよいトリップに対し、 4要因2水準の組み合わせ  
プロフィールから実験計画法により直行表を作成し、 そ  
の中からランダムに4つのプロフィールを示し、 OWSシ  
ステム利用するか否かの意向を尋ねている。 調査概要は  
表-2に示す。 プロフィール作成のための因子と水準は表  
-3に示す。

利用者モデルではOWSシステムに転換できた経験  
を変数の 1 つとして用いることで、 一度でも OWS システ  
ムを利用した経験がある人が再度利用するか否か予測す  
る。 モデル推定の結果を表-4 に示す。  $t$  値、 尤度比共に  
高い値をとっており、 統計的信頼性が高い。 また各変数  
の符号条件は論理的である。 ここでは変数のカーシェア  
リングが利用できたか否かの経験を表す変数である「デ  
ポに MEV が ない確率」に確率の逆数を用いているため、  
この値が低くなればなるほど転換する効用は高くなる。

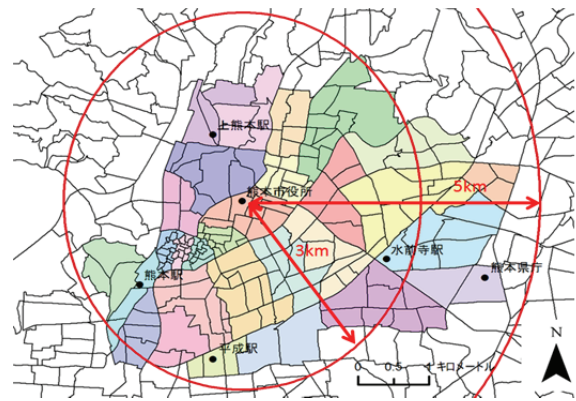


図-2 対象地域

表-2 調査概要

配布対象	熊本市 13 小学校 (龍田, 春日, 桜木, 尾ノ上, 託麻原, 出水, 春竹, 白山, 帯山, 健軍, 託麻南)
査方法	訪問留置法
配布数	363
回収数	270
回収率	73.8%

表-3 プロフィール作成のためのLOS要因表

因子	水準
時間料金(円/h)	500 (600)
	1000 (1200)
デポまでの距離(分)	1
	3
事前予約時間	10 分 (30 分前)
	1 時間 (2 時間前)
デポに MEV が ない確率	1/10 (1/5)
	1/2

表-4 利用者モデル結果

	説明変数	推定値	t 値
置き換える	料金	-0.188	-10.33
	事前予約時間 (分)	-0.0046	-1.83
	デポに MEV が ない確率	0.047	1.96
置き換えない	トリップ所要時間	-0.016	-3.26
	私用・業務目的ダミー	-0.415	-2.2
	性別 (男性=1)	-0.318	-1.68
	年齢	-0.011	-2.07
サンプル数		784	
尤度比		0.31	

(3) 非利用者モデル

利用者モデルと同様に非利用者モデルについて、普及率にいくつかの水準を与え SP 質問からデータを収集して、推定が出来ればよい。しかし、仮想の普及率を提示しても、被験者はその状況を現実として理解して回答することは困難であろう。この様な SP 調査で尋ねにくい要因である普及率の場合に、福田ら<sup>5)</sup>は高速道路における ETC を対象として、その普及率によって明示的に変化する要因、そこでは料金ゲートでの待ち時間の様な変数に置き換えて、その要因の水準をいくつか設定したプロファイルに置き換えて SP 調査を行っている。具体的には ETC 車載器の普及予測モデルを構築する際、個人が ETC を購入するか否かを決定する ETC 車載器購入モデルの変数に前期の普及率を用いてモデルの推定を試みている。このとき、ETC が普及すれば高速道路の料金所に ETC 専用レーンが増設されることによって料金所での待ち時間が減るという関係性を利用して、表-5 に示すように節約される待ち時間を車載器普及率の代わりにした SP 調査を行っている。表-5 の通過時間と普及率の対応関係は実際に存在する高速道路の料金所構造に基づいて算出されている。一方、カーシェアリングの場合は普及率の水準に対して明示的に変化するその他の要因が明らかでない。本研究では、対応して変動する要因とその水準を、利用者モデルのみを用いた運用シミュレーションを行うことで設定することにする。

溝上らの OWS 運用シミュレーションでは OWS システムの利用者は増加していくに伴って、予約が受けられないリスクが増大して OWS システムを利用する効用が減少し、予約受付トリップも減少していく。これは他の利用者との競合が少なく予約が受けられない確率が低い時には利用者数は増加していくが、利用者が増加し予約が受けられない経験が多くなると OWS システムの選択確率は低下するため、利用者数は次第に減少していき、最終的には利用者数は一定の数となる。この状態が設定した説明変数の値に対応した普及率である。

利用者モデルを推定する際、SP調査では表-3のように「デポにMEVがない確率」を3水準に設定している。そこで利用者モデルの「デポにMEVがない確率」をこれらの値に固定してOWSシステムの運用シミュレーションを実行した後の普及率の均衡値から普及率を算出することによって「デポにMEVがない確率」の値に対応する普及率値を求めた。その結果を表-6に示す。SP調査で設定した「デポにMEVがない確率」の値に対応した普及率の値を用いて非利用者モデルを推定した。

推定結果を表-7に示す。尤度比は高い値をとっており、モデルの適合性は高い。すべての説明変数の符号は論理的であり、かつt値は高い。普及率が上昇すればOWSシステムへの転換の効用は高くなる。

表-5 ETCの節約される待ち時間に対応する車載器普及率

節約される待ち時間	車載器普及率
1分	0%
2分	1%
4分	10%
8分	55%
	85%

表-6 デポにMEVがない確率に対応する普及率の期待値

デポにMEVがない確率	1/2	1/5	1/10
普及率(%)	1.238	1.422	1.667

表-7 非利用者モデル結果

説明変数		推定値	t値
置き換える	普及率	1.657	6.52
	事前予約時間(分)	-0.011	-3.94
	利用料金	-0.263	-11.22
置き換えない	トリップ所要時間	-0.009	-1.74
	私用	-0.292	-1.59
	性別(男性=1)	-0.274	-1.49
サンプル数		784	
尤度比		0.34	

表-8 基本設定

	ステーションベース	フリーフロート
デポ数	42箇所	262箇所
駐車スペース	5台/デポ	1台/デポ
配車数	3台/デポ	-
総台数	126台	126台
予約条件	30分前	30分前
料金	20円/分	20円/分

4. OWS システムの普及過程に関するシミュレーション分析

(1)シミュレーションの手順

シミュレーションの手順を説明する。

Step1 設定・初期入力：表-8に示すデポ数、1デポ当たりの駐車台数、料金などを設定する。

Step2 モデル選択：カーシェアへ転換した潜在利用者に対しては利用者モデルを適用し、転換しなかった潜在利用者には非利用者モデルを適用する。

Step3 利用可否判断：Step2 で適用されたモデルで算出

された選択確率 $pr$ が一様乱数  $p$  よりも大きいとき、OWS システムを利用すると判断する。

**Step4** 発デポの選択肢集合の決定：MEV が 1 台以上あり、発ノードから 300m 以内のデポを探索し、発デポ選択肢集合 $S$ を決定する。選択肢集合 $S = 0$ でない場合に発デポを決定する。

**Step5** 着デポの選択肢集合の決定：駐車台数に空きがあり、着ノードから 300m 以内のデポを探索し、デポの選択肢集合 $S'$ を決定する。選択肢集合 $S' = 0$ でない場合に着デポを決定する。

**Step6** デポ情報の更新：車両の発着により車両位置に変化が生まれるので、新しい車両位置情報に更新する。

**Step7** 充電残量チェック：利用する車両の充電残量をチェックする。

**Step8** 個人の経験の蓄積：カーシェアに転換した、転換しなかったという経験を個人毎に蓄積し、設定した日数の数だけ step2~step8 を繰り返す。

**Step9** 出力：日別の集計結果や、個人の利用履歴などを出力する。

図-3 にシミュレーションフローを示す。本研究では、熊本市中心部から熊本県庁、JR 上熊本、JR 平成駅、JR 熊本駅を含む約半径 5km 圏内の 29 の熊本都市圏 PT 調査 C ゾーンを対象地域とし、その対象地域を図-4 に示している。この対象地域内で発着を行っている 151,040 トリップを抽出し、OWS システムに転換する可能性のある潜在利用トリップとして扱う。またデポの配置図を図-4 に示す。デポは対象地域内の駅や電停付近に 1 箇所ずつ配置し、中心市街地には町丁目毎に 1 箇所配置した。

全ての潜在利用トリップに対して、シミュレーション 1 日目は、OWS システムへ転換するか否かの選択モデルは、非利用者モデルを適用する。2 日目以降は OWS を一度でも利用した潜在利用トリップは利用者モデルを、一度でも利用したことがない潜在利用者には非利用者モデルを適用し、それぞれ選択確率を予測していく。

以降は徐々に減少し、200 日付近にはほぼすべてのトリップが利用者モデルの適用者からの転換となっており、最終的には 2,000 トリップほどになって、ほぼ均衡状態となっている。フリーフロート型の OWS 利用トリップ数はある一定の傾きで急激に上昇を続けているが、約 5,500 トリップに達すると、急激に利用者数が減少して、OWS 利用トリップ数が約 3,000 トリップになったところで均衡状態になっている。非利用者モデルが適用される OWS 利用トリップはフリーフロート型もステーションベース型と同様に、利用者数が均衡状態になると、ほぼすべての利用者が利用者モデルの適用者からの転換となる。

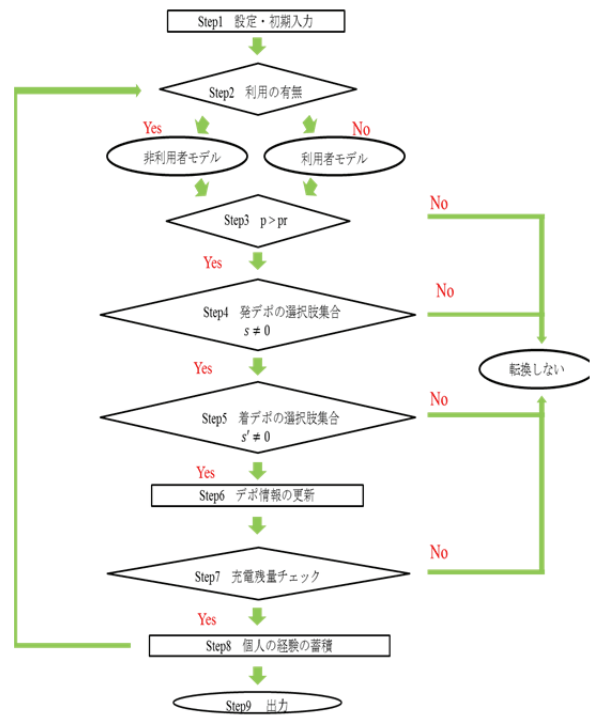


図-3 シミュレーションフロー

(2)シミュレーション結果

ワンウェイ型カーシェアリングはデポが固定化されているステーションベース型と、対象地域内であれば道路の路側帯などに返却できるフリーフロート型に大別できる。本研究では表-8 に示すステーションベース型とフリーフロート型の 2 つを OWS システムについてシミュレーション分析を行う。

表-8 に示した基本条件のもとでシミュレーションを半年間実行したときのステーションベース型のカーシェアリング利用者の普及過程を図-5 に示し、フリーフロート型のカーシェアリング利用者の普及過程を図-6 に示す。ステーションベース型は 50 日ごろまでは非利用者モデルが適用されるトリップが増加しているが、それ

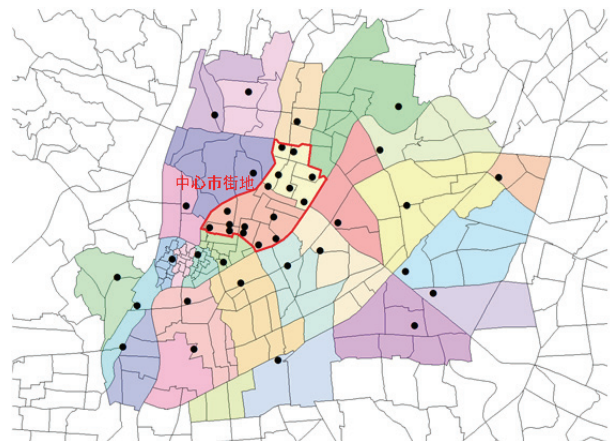


図-4 デポ配置

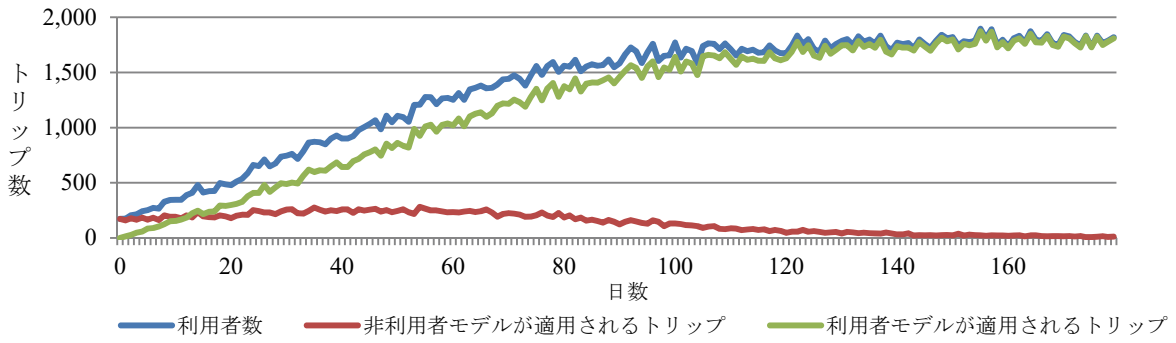


図-5 ステーションベース型の非利用者と利用者モデルの転換数の比較

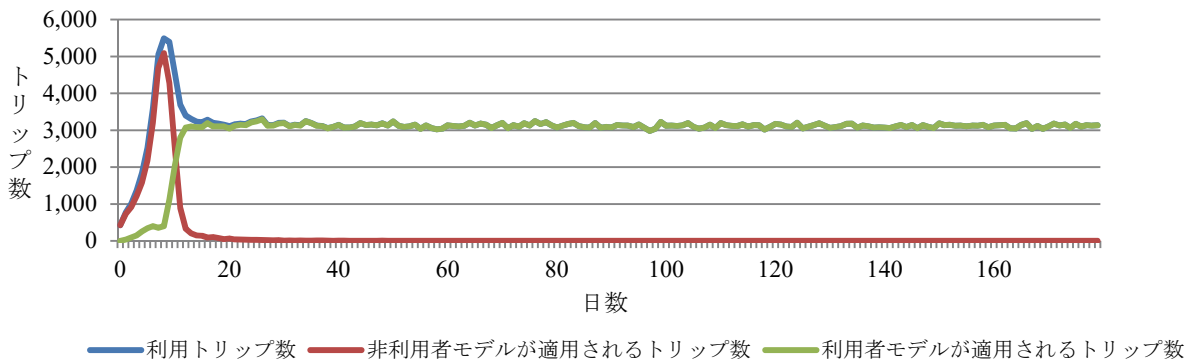


図-6 フリーフロート型の非利用者と利用者モデルの転換数の比較

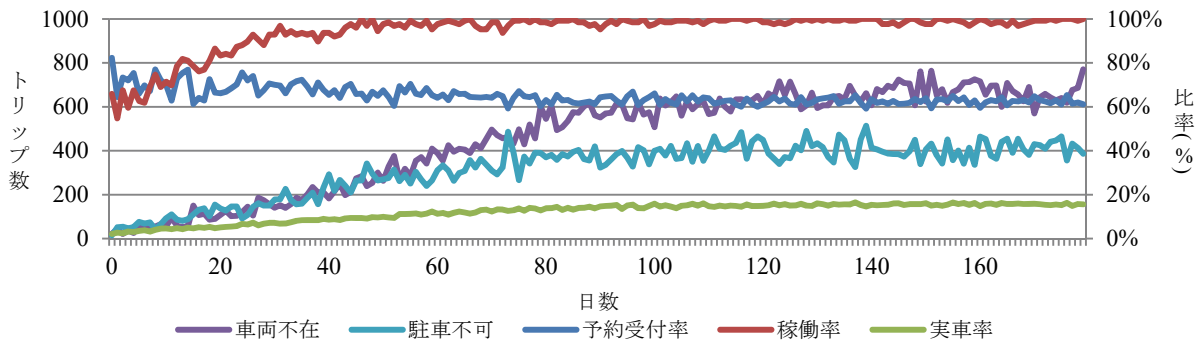


図-7 ステーションベース型 OWS の効率性を表す指標

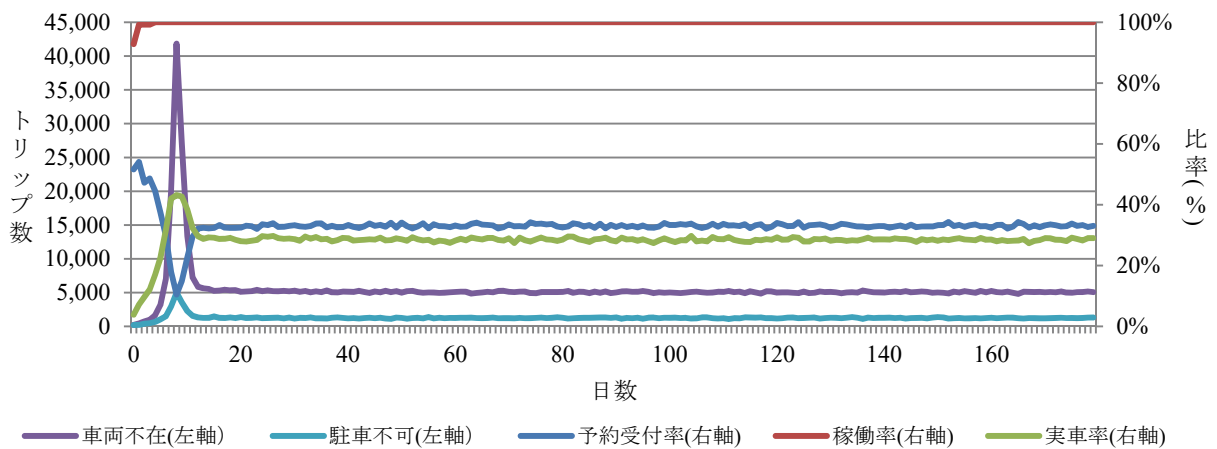


図-8 フリーフロート型 OWS の効率性を表す指標

図-7 にステーションベース型、図-8 にフリーフロート型の車両不在数、駐車不可数、予約受付率、稼働率、実車率、の変化をそれぞれ示す。予約受付率は転換意向のあるトリップに対する実際に転換したトリップの比率である。稼働率は総 MEV 台数のうち使用された車両台数の比率である。実車率は車両 1 台当たりのサービス提供時間に対する実稼働時間の比率である。これらの値が高いほど効率的な運用が行えていることを指す。車両不在数と駐車不可数はステーションベース型に比べて、フリーフロート型が大幅に増加していることから、フリーフロート型は車両偏在がより多く発生している。予約受付率はステーションベース型では、期間中ほぼ一定の値をとっているが、フリーフロート型は 10 日付近に予約受付率は約 0.1%まで低下して最終的に約 0.35%で均衡状態に移行している。稼働率はステーションベースでは、50 日付近で最大値をとって均衡しており、稼働率の均衡後に利用トリップ数も均衡状態に移行している。フリーフロート型の稼働率はサービス開始直後から最大値をとった。実車率はステーションベース型では 100 日付近で約 0.19%となり、均衡状態となったが、フリーフロート型は約 0.3%で均衡状態となった。これらの結果からフリーフロート型のほうが、実車率が高いため効率的な運営

が行えるが、利用者側からすると予約できない確率が高いサービスになってしまう。

図-9、図-10、図-11、図-12 に均衡時のステーションベース型とフリーフロート型の OWS システムへの男女別、年齢別、現利用別交通手段別、目的別の転換割合の比較結果を示す。男女別、年齢別の転換割合には大きな差は見られなかった。現利用交通手段別の転換割合ではステーションベース型に比べて、フリーフロート型は自動車からの転換割合が高くなり、逆に徒歩からの転換割合が低くなった。目的別の転換割合では、フリーフロート型にすると通勤通学での利用が増加することが分かった。

## 5. OWS 利用トリップに対する各要因の影響分析

### (1) 感度分析

#### (a) 料金

料金を基本設定の 20 円/分から±5 円の 15 円/分と 25 円/分に変化させ、料金に対する OWS 利用トリップ数の感度分析を行った。ステーションベース型の利用トリップ数は図-13 に示し、そのうちの非利用者モデルが適用

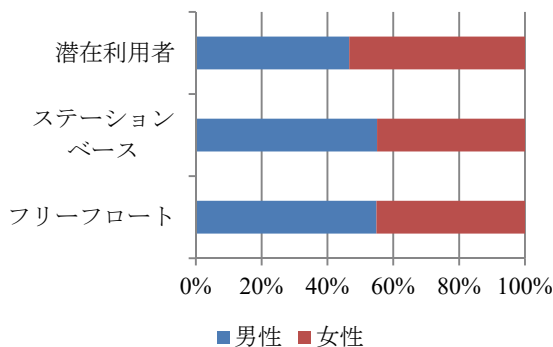


図-9 男女別の OWS 比較

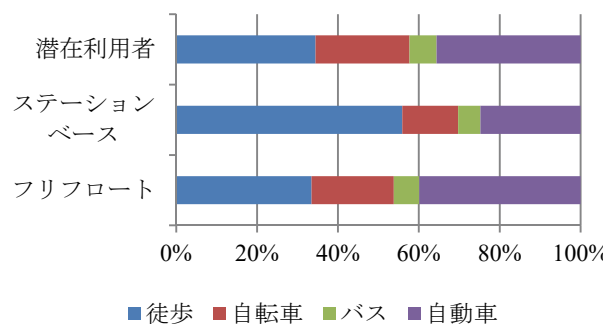


図-11 交通手段別の OWS 比較

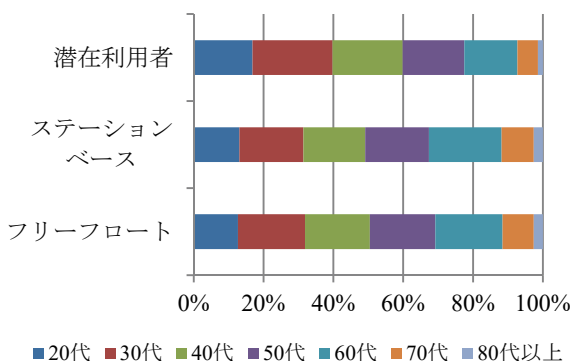


図-10 年齢別の OWS 比較

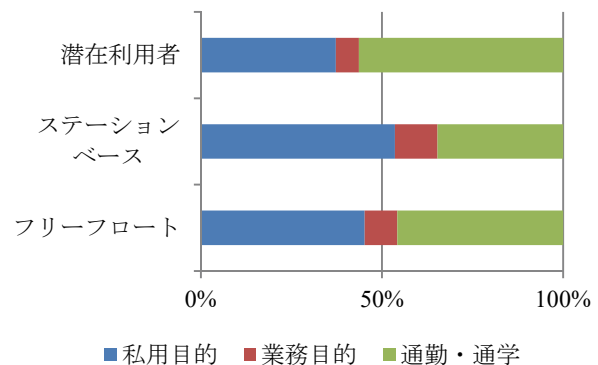


図-12 目的別の OWS 比較



される比率は図-14 に示す。また、フリーフロート型の利用トリップ数は図-15 に示し、そのうちの非利用者モデルが適用される比率は図-16 に示す。料金が基本設定から 5 円/分安価である 15 円/分とすると 10 日目までは非利用者モデルが適用される比率が急激に減少して、すべての利用者が利用者モデルの適用者からの転換となって、利用トリップは約 3,500 トリップ程度で均衡状態となる。25 円/分と設定した場合は、利用トリップ数は最終的に基本設定の1/10程度で均衡してしまい、普及はほとんど進まない。フリーフロート型は料金が 15 円/分の場合ステーションベース型に比べると、利用トリップに対して料金の影響は受けない。これはフリーフロート型の特徴である予約受付率の低さが原因であると推測できる。

**(b) 事前予約時間**

事前予約時間を基本設定の 30 分前から±30 分の 0 分前、60 分前に変化させて事前予約時間に対する OWS 利用トリップ数の感度分析を行った。ステーションベース型の利用トリップ数は図-17 に示し、非利用者モデルが適用されるトリップ比率は図-18 に示す。また、フリーフロ

ート型の利用トリップ数は図-19 に示し、非利用者モデルが適用されるトリップ比率は図-20 に示す。ステーションベース型では、料金ほどの影響は見られなかったが、事前予約時間が緩いほど利用者数は増加することが分かる。フリーフロート型では普及促進に有効であるが、均衡状態の利用トリップ数にほぼ変化は見られなかった。

**(c) 駐車スペースと配車数**

ステーションベース型 OWS のデポ当たりの駐車スペースを基本設定の 5 台から 10, 20, 30 台に増加させてデポあたり駐車スペースの規模に対する利用 OWS 利用トリップ数の感度分析する。ここでは各パターンの配車数は駐車スペースの半分とする。利用トリップ数は図-21 に示し、非利用者モデルが適用されるトリップ比率は図-22 に示す。デポ当たりの駐車スペースが 10 台の場合は利用者増加が速く進み、そこからは徐々に利用者数が増える普及過程となった。デポ当たりの駐車スペースが増加するにつれ、60 日後からの利用者数の伸び率も増加するため、サービス実施期間が長ければデポ当たりの駐車スペースは多いほうが良いことが分かる。またデポ当たりの駐車スペースが増えても逆に実車率は低下す

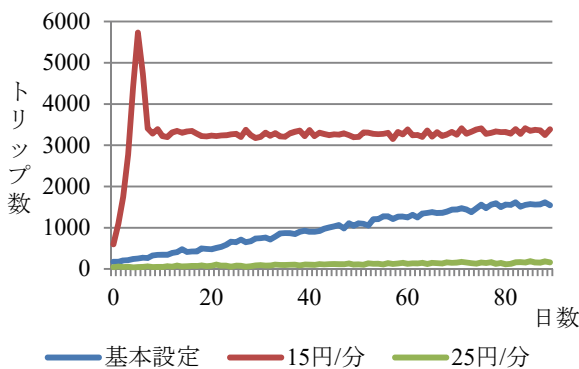


図-13 ステーションベース型の料金に対するトリップ数の変化

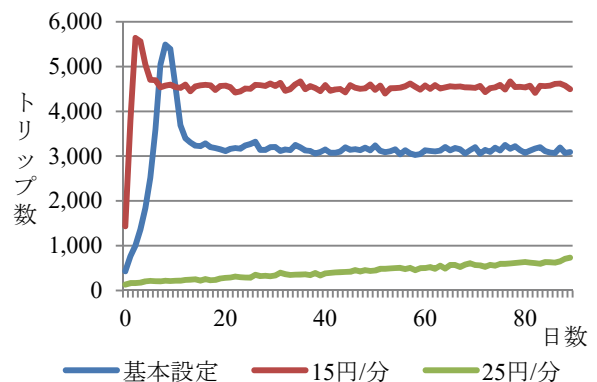


図-15 フリーフロート型の料金に対するトリップ数の変化

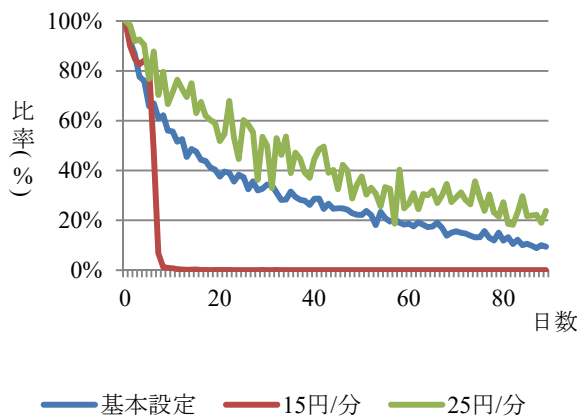


図-14 ステーションベース型の料金に対する非利用者モデルが適用されるトリップ割合の変化

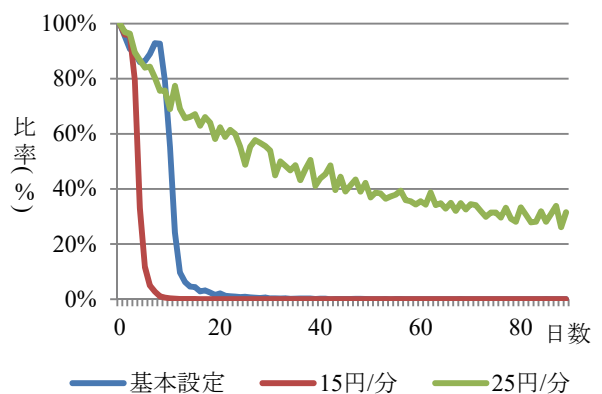


図-16 フリーフロート型の料金に対する非利用者モデルが適用されるトリップ割合の変化

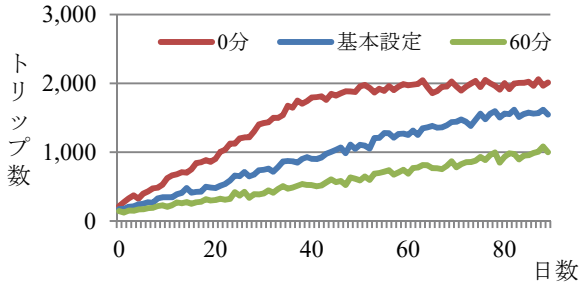


図-17 ステーションベース型の事前予約条件に対するトリップ数の変化

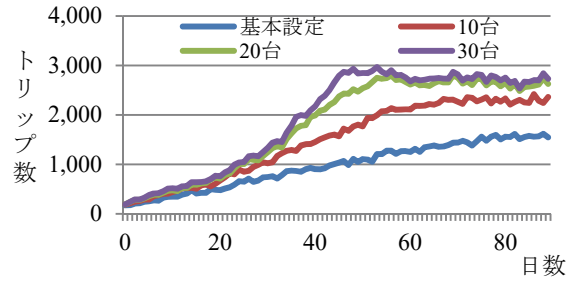


図-21 ステーションベース型の駐車台数に対するトリップ数の変化

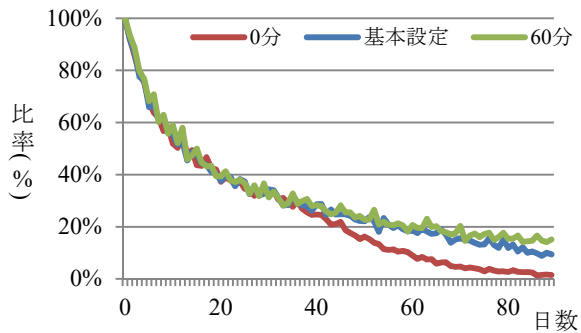


図-18 ステーションベース型の事前予約条件に対する非利用者モデルが適用されるトリップ割合の変化

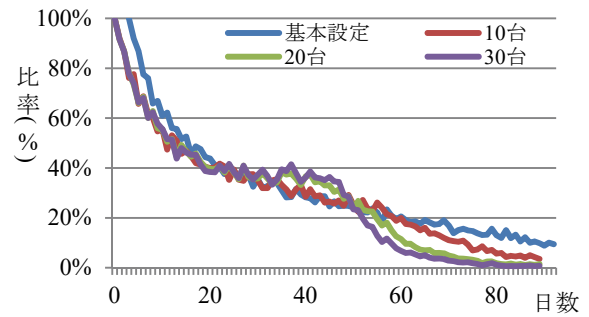


図-22 ステーションベース型の駐車台数に対する非利用者モデルが適用されるトリップ割合の変化

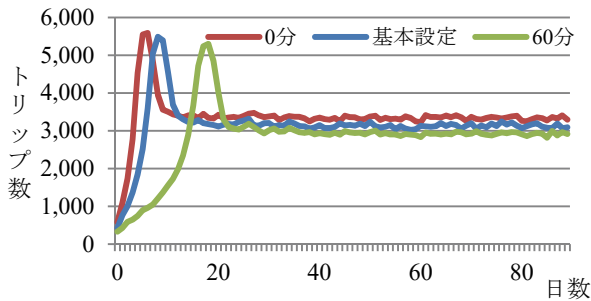


図-19 フリーフロート型の事前予約条件に対するトリップ数の変化

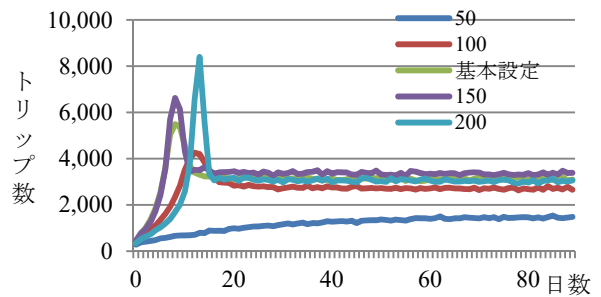


図-23 フリーフロート型の駐車台数に対するトリップ数の変化

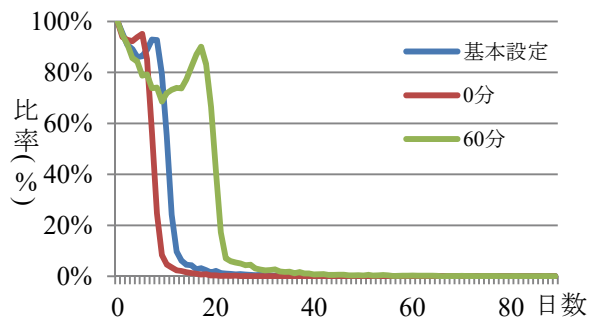


図-20 フリーフロート型の料金に対する非利用者モデルが適用されるトリップ割合の変化

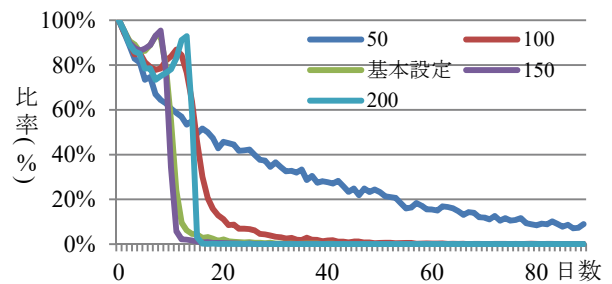


図-24 フリーフロート型の駐車台数に対する非利用者モデルが適用されるトリップ割合の変化

ることが分かった。ただデポ当たりの駐車スペースを増やすだけでは利用者数は増え、普及は早く進むが、実車率が下がり、利用されない車両が増えてしまう。公共サービス、非公共サービスなど、サービスの目的によって、またサービス実施期間によって、利用者数か実車率どちらを優先するか駐車台数を変えることで選択できることが分かった。

フリーフロート型 OWS について配車数を 50 台から 200 台まで 50 台ずつ変化させ、配車数に対する OWS 利用トリップ数の感度分析を行った。利用トリップ数は図-23 に示し、非利用者モデルが適用されるトリップ比率は図-24 に示す。配車数が 200 台の場合利用トリップ数の最大値は他の配車数に比べて最も大きい値をとるが、均衡状態になると、配車数が 150 台の場合に比べて低い値をとっている。これからこの対象地域では、配車数は 150 台より多く、また 200 台より少なくすると、カーシェアリングの普及は早く進み、利用トリップ数が高い値で均衡状態になることが分かった。

**(3)普及促進のための政策介入**

料金に対する OWS 利用トリップ数の感度分析の結果から、利用者数が料金の変動に大きな影響を受けることが分かった。そこで料金をサービス普及初期に短期間変

動させることで、普及促進が可能であると考え、料金を基本設定の 20 円/分からサービス開始後の 1 週間だけサービス料金として 17 円/分、15 円/分とした場合の OWS システムの普及過程にどのような変化が生じるかを分析する。ステーションベース型 OWS システムの普及過程を比較したものを図-25 に示す。またフリーフロート型 OWS システムの普及過程を比較したものを図-26 に示す。サービス開始後の 1 週間の料金を 17 円/分になると、6,000 トリップまで利用トリップが急増する。しかし、サービス料金期間が終了すると同時に一旦、利用者は減少してしまうが、75 日ころには基本設定と同様に普及が進み均衡状態になる。15 円/分とすると低料金期間が終了すると一端、利用者は減少するものの、基本設定の普及率に 10 日ほどで到達する。フリーフロート型 OWS システムの普及過程を比較したものを図-27 に示す。またフリーフロート型 OWS の非利用者モデルが適用されるトリップ比率の比較結果を図-28 に示す。フリーフロート型は元々の利用トリップ数が多く、新規参加者が少なく、普及促進の効果は薄かった。

非利用者モデルが適用されるトリップ比率はサービス料金が 17 円/分より 15 円/分の方がサービス料金期間により高い値をとるが、サービス期間が終了すると、逆により低い値で均衡状態になる。これらの結果から普及初

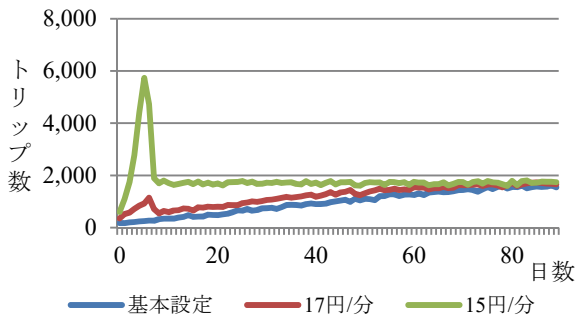


図-25 ステーションベース型の政策介入時のトリップ数の変化

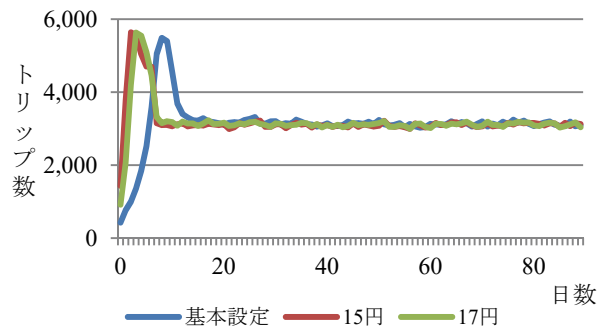


図-27 フリーフロート型の政策介入時のトリップ数の変化

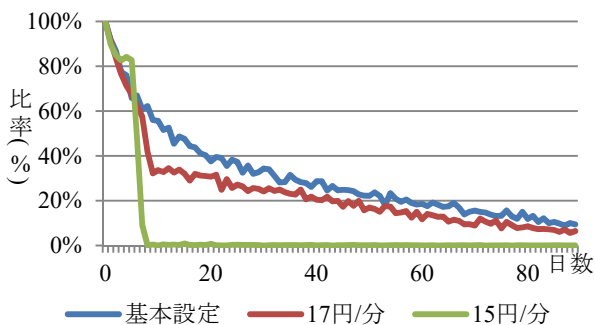


図-26 ステーションベース型の政策介入時に非利用者モデルが適用されるトリップ割合の変化

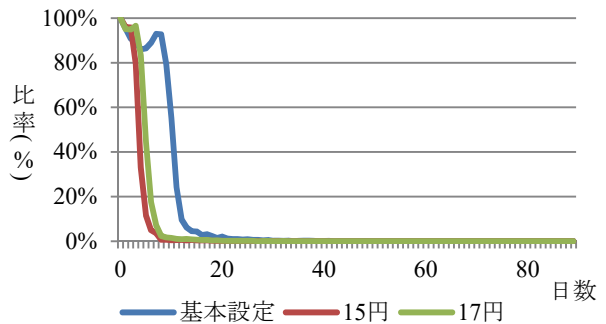


図-28 フリーフロート型の政策介入時に非利用者モデルが適用されるトリップ割合の変化

期段階での大幅な料金の低減は、普及促進に有効であるが、均衡値を上げることはできないことが分かった。

## 6.おわりに

本研究で得られた成果、課題、活用可能性は以下の通りである。

### (1) 成果

- 1)非利用者モデルと利用者モデルを用いることで、それぞれが OWS システムを利用するか否かの選択を行った。新たにサービスを行う際には、この OWS システムを用いることで普及過程を予測することが可能である。
- 2)感度分析を行うことで料金や配車数の変化が、普及過程にどのような影響を及ぼすか分析した。また短期間の政策介入は普及促進に繋がるが、その後利用者数は均衡することが明らかになった。

### (2) 課題

- 1)非利用者モデルの変数に普及率を用いて、非利用者がサービスを利用するか判断している。しかし、実際に非利用者すべてにサービスの普及状況や、サービス内容が伝わるとは考えにくい。今後は情報の広まり方などを考慮する必要がある。
- 2)実際にサービスを行う場合には、初期投資費用や運営費などを考慮する必要がある。それを考慮した上で利用料金など、基本設定の再設定を行う必要がある。

### (c)活用可能性

- 1)公共交通とカーシェアリングを利用して目的地へ向かう様な、乗換えを考慮できる OWS システムの構築を行うことで、新しい公共交通の在り方を検討することが可

能である。

**謝辞:** 本研究を進めるにあたり、ご多忙にも関わらず溝上章志教授には多大なご指導、ご鞭撻を頂いたことを深く感謝し、御礼申し上げます。また本研究室の修士2年中村謙太さんには何度も有益な助言を頂き、感謝申し上げます。そして共に研究を行い、励ましあった本研究室の皆にも深く感謝しています。

### 参考文献

- 1)石村龍則, 倉内慎也, 萩尾龍彦:自動車保有・利用コストに着目した松山都市圏におけるカーシェアリングの潜在重要分析, 土木学会論文集, Vol.67, No.5, pp1665-1671, 2011
- 2)矢野晋哉, 高山光正, 仲尾謙二, 藤井聡:カーシェアリングへの加入が交通行動に及ぼす影響分析, 土木学会論文集, Vol.67, No.5, pp1611-1616, 2011
- 3)内田晃:ドイツにおけるカーシェアリングサービスの比較考察 MEVによるワンウェイ型シェアリングシステムの導入可能性に関するモデル分析
- 4)溝上章志, 中村謙太, 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に関するシミュレーション分析, 土木学会論文集, Vol.71, No.5, pp805-816, 2015
- 5)福田大輔, 渡辺健, 屋井鉄雄:利用者間の相互依存性を考慮した ETC 車載器普及予測モデル, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, pp463-472, 2004
- 6)国土交通省:「超小型モビリティの導入促進」
- 7)国土交通省:「超小型モビリティ導入に向けたガイドライン」
- 8)斎藤いつみ, 羽藤英二:「時間的選択構造に着目した EV シェアリングの加入・利用選択モデル」
- 9)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及び普及方針検討報告書」

## SIMYULATION ANALYSIS OF “ONE-WAY TYPE” CAR SHARING SYSTEM CONSIDERING PROCESS OF SPREAD

Yugo FURUSAWA and Shoshi MIZOKAMI

Although traffic problem exist some, however, the number of users who use the car-sharing service has been increasing year by year. “One-way type” car-sharing is not popular in japan because of the difficulty of the operation system and deviation of demand and shortage of parking spaces. Therefore there is not the date about the process of dissemination of “one-way type” car-sharing. This study has two purposes; the first one is to build an operational system in consideration of a spread process of car-sharing. The second is to analyze the effect for process of spread by various changes into simulation system.