

トリップチェーン内における ワンウェイ型カーシェアリングのトリップ種別 モデル化と利用実態分析

桑原 昌広¹・吉岡 颯²・本間 由紀子³・
宇野 伸宏⁴・中村 俊之⁵・Jan-Dirk Schmöcker⁴

¹正会員 株式会社トヨタ IT 開発センター 研究 2 部 (〒107-0052 東京都港区赤坂 6-6-20)
E-mail:kuwahara@jp.toyota-itc.com

²非会員 株式会社トヨタ IT 開発センター 研究 2 部

³非会員 トヨタ自動車株式会社 ITS 企画部 (〒112-8701 東京都文京区後楽 1 丁目 4 番 18 号)

⁴正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂)

E-mail: uno.nobuhiro.2v@kyoto-u.ac.jp

E-mail:schmoecker@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁵正会員 名古屋大学未来社会創造機構 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

E-mail: nakamura@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

ワンウェイ型カーシェアリングはマルチモーダル交通環境における 1 つの交通手段として期待されている。豊田市の Ha:moRIDE 実績データから、1 トリップ/会員・日が大半を占めることがわかっており、トリップチェーン内の一部のみを担っていることが明らかになってきている。本研究では、ワンウェイ型カーシェアリングのトリップがトリップチェーン視点で担う可能性のあるトリップ種別をサービス提供エリア内外会員の移動特徴を踏まえて定義し、判別モデルを構築する。構築したモデルを用いて、豊田市での Ha:moRIDE のトリップを判別し、提供エリア外会員の二次交通が最も多いこと、経年（3 年間）では補完交通、イグレス交通が公共交通駅近くではないカーシェアステーションを増加したことによりトリップ比率が増加したことを明らかにした。また、分類別の時間帯での利用傾向は、ピーク位置によって大きく 3 つに分類され、トリップの大半は朝夕ピークで普段の交通の 1 部を担っていることなどを明らかにした。

本研究の結果より豊田市においてワンウェイ型カーシェアリングがマルチモーダル交通環境での 1 つのサービスシステムとして利用され、かつ徐々に利用が伸びてきていることを明らかにした。

Key Words: One-way carsharing, discriminant model, Trip-chain, Data Analysis

1. 背景

ワンウェイ型カーシェアリングの実態（豊田市で実施されている Ha:moRIDE の 3 年間の実績より）は、図 1 に示すように、ワンウェイトリップ利用が全体の 9 割以上を占め、1 日単位での会員トリップ比率をみると、約 6 割が 1 日 1 回のワンウェイトリップで占めている。更に、毎日利用する会員はほとんどいないことより、ワンウェイ型カーシェアリングは、会員のトリップチェーンの毎日及び全てを担っているわけではないことがわかる（図 2 参照）。

一方ワンウェイ型カーシェアリングは公共交通との連

携など社会・都市交通システムとしての位置づけを期待されており、特に自家用車に過度に依存しすぎた交通体系ではなく、マルチモーダルな交通環境構築に向けた、1 つの交通手段としての位置づけであると推測される。

ワンウェイ型カーシェアリングの実態と、世の中から期待されていることを加味し、個人のトリップチェーン視点で、ワンウェイカーシェアリングのトリップはどのようなマルチモーダル環境をサポートする社会的な意味を担っているのかを判別するモデルを構築し、利用実態分析を実施することは大変有意義であると考えられる。

カーシェアリングに関する既往研究を概観すると、従来のカーシェアリング関連研究では、ステーション配置

問題や、利益最大化に向けた最適化問題への取り組みが多い。また、実績データを用いた研究においても、ラウンドトリップ型カーシェアリングを対象とした、カーシェアリングのトリップ内を対象とした、Leclercら 1)のトリップチェーン分析及び河尻ら 2)の目的推定のような分析研究は見られるが、人の1日のトリップチェーン視点でワンウェイ型カーシェアリングトリップを判別、分析した研究はみられない。加えて、他モビリティサービス視点で、Wangら 3)のタクシートリップが地下鉄と競合なのか、補完関係等の分析はなされているが、対象トリップが駅からどれだけ近い場所で乗降しているかで判断をしているのみである。

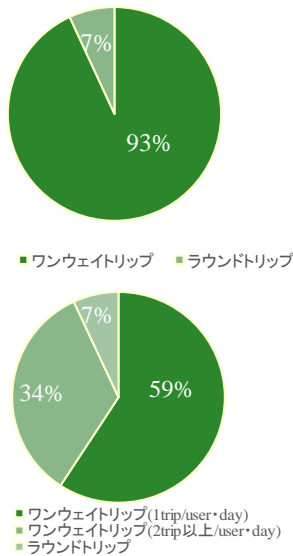


図1 (上) ワンウェイ/ラウンド比率
(下)1日単位での会員トリップ比率

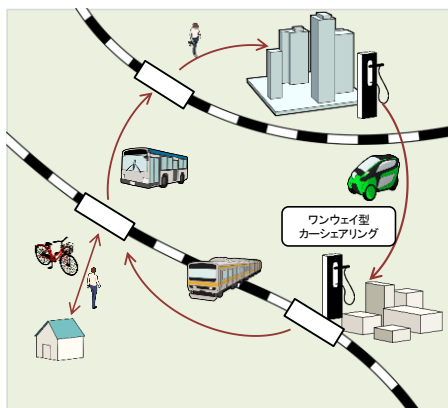


図2 トリップチェーン内でのワンウェイ型カーシェアのトリップイメージ

2. 研究目的

個人のトリップチェーン視点で、ワンウェイ型カーシェアリングのトリップがどのような位置づけで利用されているのかを明らかにするため、トリップ位置づけ判別モデルを構築し、構築した判別モデルを用いて、豊田市での HamoRIDE の利用トリップの位置づけ (利用実態)を確認する。

3. 個人のトリップチェーン視点での判別モデル

ワンウェイ型カーシェアリングは会員制であることがほとんどで、会員の登録住所がわかるため、会員の1日のトリップチェーン全体を推定しやすいことが特徴である。その理由として、会員として個人会員、法人会員など複数のケースがあるが、個人会員だけを対象とした場合、登録住所はほとんどのケースで自宅であると想定できることである。ただし、真の目的地はわからない(ここでの真はユーザのトリップチェーン内での主要な目的地の意味)。

また、ワンウェイ型カーシェアリングはサービス提供エリアは限定であるが、会員はエリア内住民に限らない(国レベルでの限定はあり)ことがほとんどであり、サービス提供エリア内会員とサービス提供エリア外会員とでトリップチェーン内でのトリップの位置づけが異なることに注意が必要である。

(1) 提供エリア外会員

図3に示すように、提供エリア外の会員の場合、おそらく何らかの公共交通でエリア内に来訪し、提供エリアで利用していると想定できる。もしエリア外会員が自家用車等で提供エリアに来訪した場合に、エリア内での移動を伴うなら提供エリアまで移動してきた自家用車等で移動すると想定できる。そのため、個人のトリップチェーンの位置づけとしては、2次交通としての位置づけと考えられる。そこで、本トリップの位置づけを「①二次交通：エリア外会員」と定義する。

(2) 提供エリア内会員

登録住所(≒自宅)が提供エリア内に存在するため、マルチモーダルな交通環境をサポートしているトリップか否かは、利用したワンウェイ型カーシェアトリップのODと、利用会員の登録住所と公共交通駅との関係が大きく関係する。

以後、簡略化のため、公共交通駅付近のワンウェイ型カーシェアリングのステーションを“駅近く st”、公共交通駅付近以外のワンウェイ型カーシェアリングのステーションを“駅以外 st”と定義する。下記はステーショ

ン型のイメージで記述しているが、フリーフロートタイプの場合でも GPS 等で発着場所が把握できるのであれば判断可能である。

今回②-⑧の 7 種を定義する（分類方法については図 3 及び表 1 参照）。

② アクセス交通

駅以外 *st* から駅近く *st* に移動した場合を②アクセス交通と定義する。登録住所 (=自宅) から駅近く *st* が近い場合、公共交通利用をするまでの手段ではないため除外することとする（図 4）。

③ イグレス交通

駅近く *st* から駅以外 *st* に移動したトリップを③イグレス交通と定義する。ただし、登録住所 (=自宅) から駅近く *st* が近い場合、公共交通利用目的での利用ではないため除外することとする。

④ 補完交通(1)ー駅以外 *st* 間トリップ

駅以外 *st* から駅以外 *st* に移動した場合を、④補完交通(1)と定義する。公共交通手段が不足しているため、補完した交通とみなす（図 4）。

このトリップでは、アクセス交通及びイグレス交通から除外されたトリップも以下の理由により含めることとする。

駅以外 *st* から駅近く *st* へのトリップは、本定義ではアクセス交通に定義されるが、もし自宅が駅近く *st* にある場合は、公共交通を利用するためのトリップではなく、自宅近くの駅以外 *st* への移動とみなすことができるため、補完交通(1)に位置付けることとする。イグレス交通からの除外トリップについても同様とする。

⑤ 補完交通(2)ー自宅近く以外の *st* でのラウンドトリップ

エリア内会員の自宅付近にある *st* ではなく、一定距離以上離れた場所での駅以外 *st* でのラウンドトリップを⑤補完交通(2)と定義する。ワンウェイ型カーシェアリングでは、図 1 で示したように、一定数 1 日 2 トリップ以上するユーザがいるため、あたかもラウンドトリップをしたかのようなトリップをすることが存在することがわかっているため、そのトリップも本定義に含めることとする（以後、みなしラウンドトリップと呼ぶ）。

みなしラウンドトリップの判別方法を以下に示す。1 会員あたり 2 トリップ/日利用の場合、1 回目 *O* と 2 回目の *D* が同じ、1 回目 *D* と 2 回目の *O* が同じ場合とする。St が同士が近い場合、同じエリアにあると判定した場合も上記 OD レベルではなく、エリア OD レベルで一致しているものも含むこととする。また、1 会員あたり 3 トリップ/日利用の場合、最初のトリップの *O* と最後のトリップの *D* が同じ場合と定義する。2 トリップ/日利用と同様に、同じエリアにあると判定した場合も上記 OD レベルではなく、エリア OD レベルで一致しているものも含むこととする（図 4）。

⑥ 補完交通(3)ー公共交通が運行していない時間帯のトリップ

公共交通が運行していない時間帯であれば、駅近く *st*、駅以外 *st* 関係なく、すべてのトリップを⑥補完交通(3)と定義する。

⑦ 公共交通駅間交通

駅近く *st* と駅近く *st* 間のトリップを⑦公共交通駅間交通と定義する。

⑧ 自宅付近ラウンド交通

エリア内会員の自宅付近でのラウンドトリップを、⑧自宅付近ラウンド交通として定義する。みなしラウンドトリップも含むこととする。

(3) トリップ判別モデル

図 5 に示すトリップ判別モデルにより、トリップをアクセス交通、イグレス交通、補完交通、二次交通等の合計 8 種に分類する。

分類定義は提供するエリアの形態によって、エリア内/外判定、公共交通が運行している時間帯などが異なるため、エリアに合わせたトリップ分類方法の検討が必要である。そこで、下記の 4 つの視点を組み込んだ分類方法とした（図 5 上での a)~d)を参照）。

- エリア内/エリア外判定
- 駅近く *st* の設定/みなしラウンドトリップ向けエリア設定
- 自宅から *st* までアクセスできる距離
- 公共交通が運行している時間帯/していない時間帯

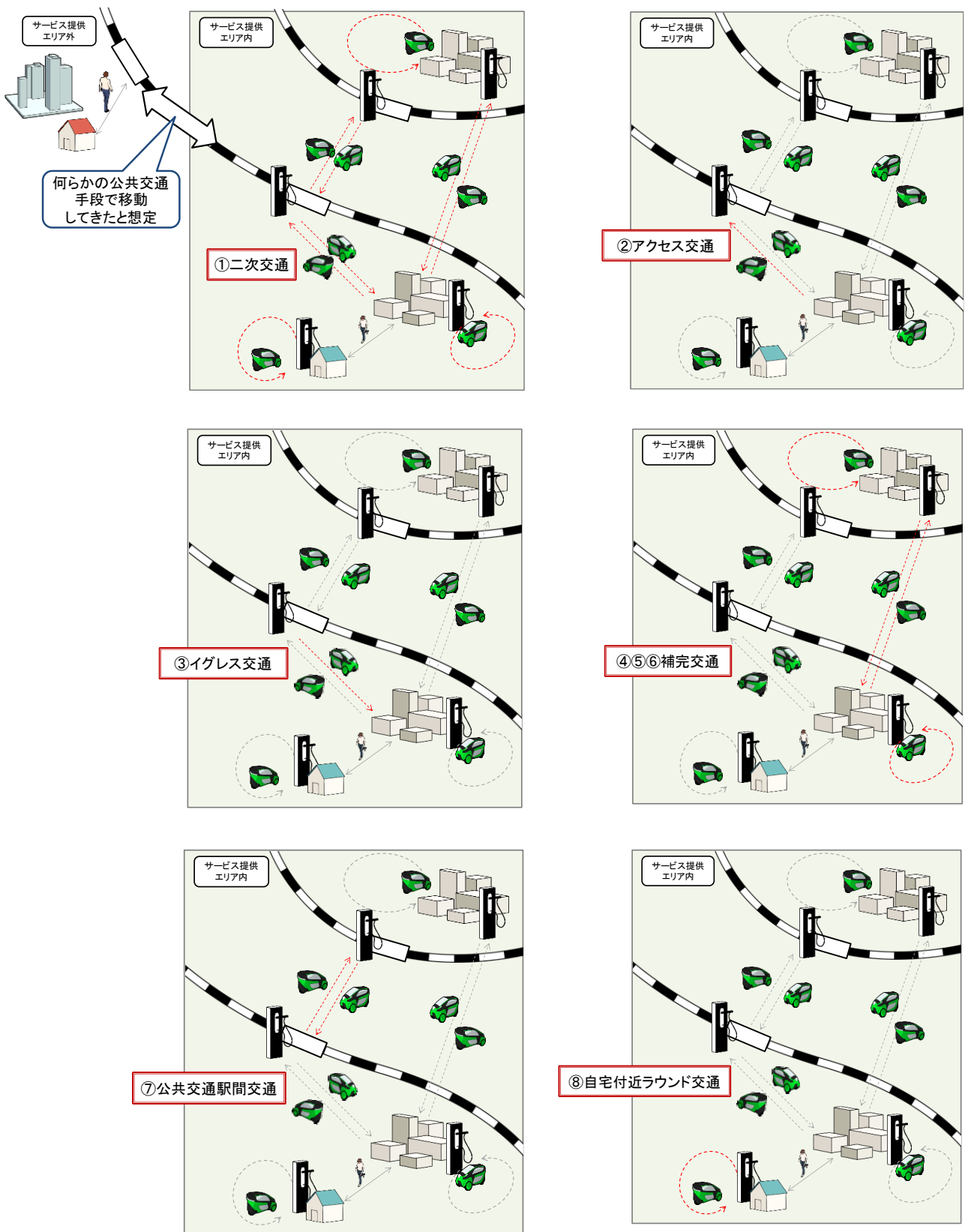


図 3 トリップ分類方法

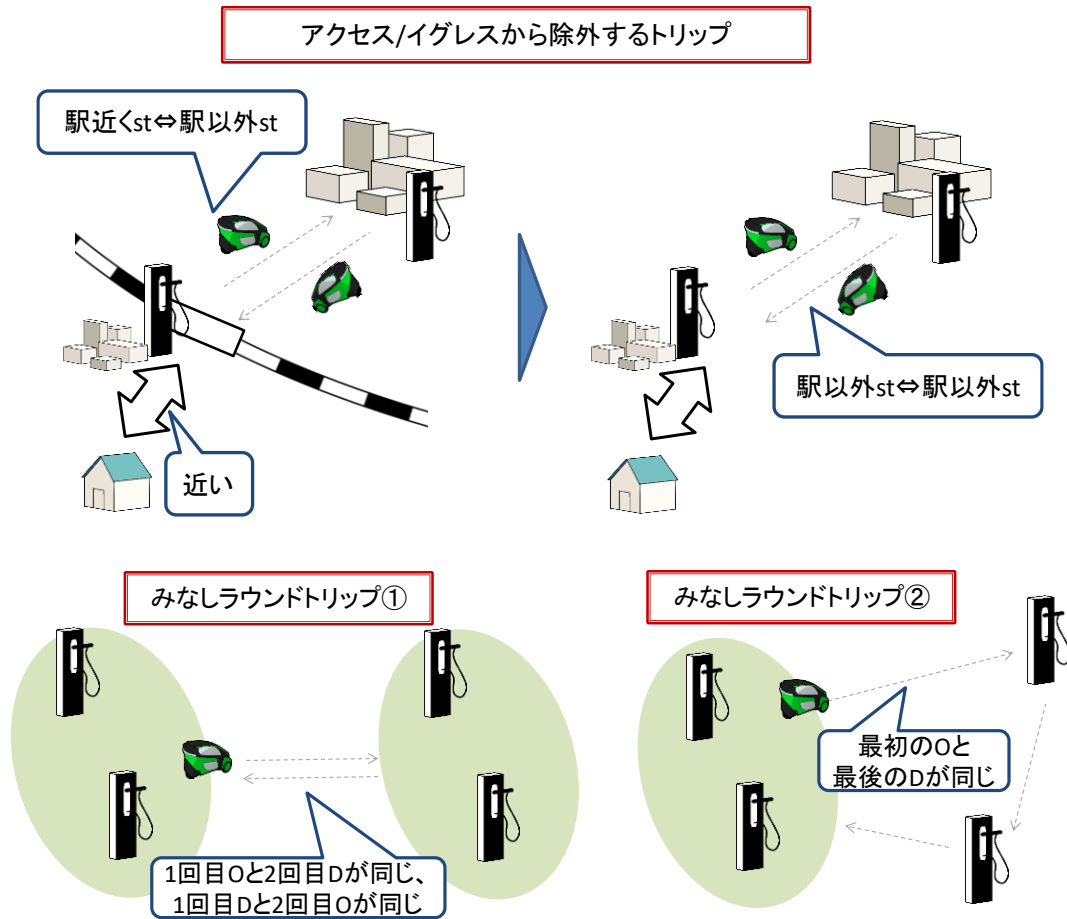


図4 アクセス/イグレスから除外するトリップ/みなしラウンドトリップ定義

表1 アクセス/イグレスから除外するトリップ/みなしラウンドトリップ定義

種別	説明
①二次交通	提供エリア外会員の利用トリップ
②アクセス交通	駅以外st → 駅近くstの利用トリップ
③イグレス交通	駅近くst → 駅以外stの利用トリップ
④補完交通(1)	駅以外st → 駅以外stの利用トリップ
⑤補完交通(2)	自宅近く以外のstでのラウンドトリップ (みなしラウンドトリップも含む)
⑥補完交通(3)	公共交通が運行していない時間帯のトリップ
⑦公共交通駅間交通	駅近くst → 駅近くstの利用トリップ
⑧自宅付近ラウンド交通	自宅近くstでのラウンドトリップ (みなしラウンドトリップも含む)

3. 利用実態分析

(1) 前提

実績データとして、Ha:moRIDE@豊田市（2014年4月～2017年3月末）を活用し、公共交通としては、今回鉄道のみを対象とすることとする。

(2) エリア毎設定

a) エリア内/エリア外判定

豊田市での提供エリアへのアクセスは、隣接している岡崎市などからは、徒歩等でアクセスできる距離ではないため、豊田市をエリア内、それ以外をエリア外と設定することとする。

b) 駅近く st の設定/みなしラウンドトリップ向けエリア設定

豊田市では名鉄名古屋線、愛知環状鉄道線があり、それらの近接ステーション等を表2のように設定

c) 自宅から Ha:mo ステーションまでアクセスできる距離

図6は住宅付近に設置したst利用と利用会員の登録住所との関係を示した例である。400m, 800あたりでピークがあり1km以内で約90%のトリップを占めていることがわかる。このことより、アクセスできる距離を1kmととしてトリップを判断することとする。

d) 鉄道が運行している時間帯/していない時間帯

主要駅（名鉄名古屋線、愛知環状鉄道線）で2本以上/時間がある時間帯が6時～23時台であることより、今回の分類では、運行していない時間帯は0時～5時台と設定する。

表2 統合するステーションとエリア名

ステーション名	エリア名	ステーション名	エリア名
中京大学北	中京大学	上挙母駅	上挙母駅/新上挙母駅
中京大学南		パレスイン豊田 新上挙母	
エコフルタウン i-ROAD専用	市役所	土橋駅	土橋駅
市役所南庁舎		リパーク土橋駅	
エコフルタウン	豊田市駅/新豊田駅	土橋駅南	三河豊田駅
豊田市駅西		浪谷町3丁目	
新豊田駅地下P		サンクス豊田浪谷 店	
TM若宮P		三河豊田駅北	
喜多町P		御幸本町区会館	
コモ・スクエア	トヨタ本社地区	三井住友海上 豊田ビル	美里
トヨタ本社事務		サークルK御立店	
トヨタ本社南P		美里交流館	
トヨタ本社事務4			
トヨタ本社TLC			
トヨタ技術本館			
トヨタ本社事務3			

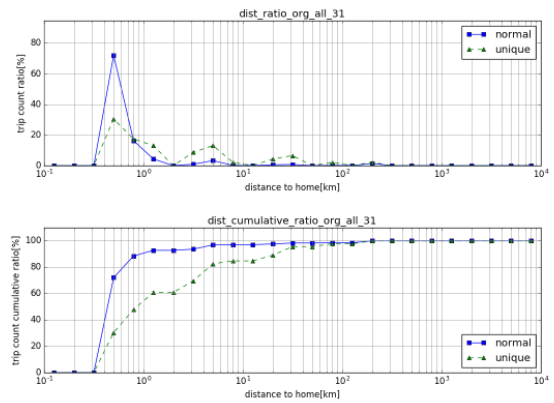


図6 住宅付近に設置したstと利用会員の関係

(3) データ分析結果（2014年4月～2015年3月）

最もトリップ比率が高い分類は、二次交通で次に補完交通、自宅付近ラウンド（みなし含む）と続くことがわかった（図7）。

豊田市は企業城下町であり、愛知県内だけにとどまらず、関西/関東圏からの来訪者が多数あり、会員も半数を超えている。そのため、豊田市以外から公共交通を用いて提供エリア内に入ってくる会員の二次交通として利用しているものと思われる。自宅付近ラウンド（みなしラウンドトリップ含む）は約10%程度であり、自家用車に近い使い方は少数であることがわかった。

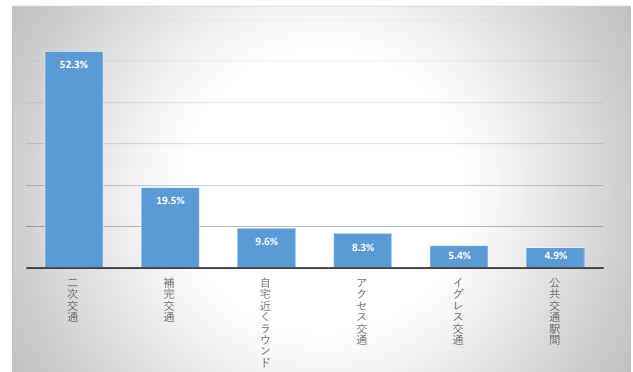


図7 分類結果（2014年4月～2015年3月）

(4) 経年データ分析結果（2014年4月～2017年3月）

次に、年度ごとの合計3年間でトリップ分類量がどのように変化するかを分析する。

トリップ量は年々増加し、3年間で約3倍になっている（図8上）。内訳を見ると、すべての分類でトリップ量が増加している（図8下）。

トリップ量が増える中、比率を下げる分類、上げる分類があり、補完交通、イグレス交通の比率は上昇傾向し、二次交通、自宅付近ラウンド、アクセス交通、公共交通

駅間が減少傾向にあることがわかった (図 9)。

なぜ補完交通、イグレス交通が伸びているのかを分析するため、補完交通の内訳 (図 10 を見ると、駅以外 st 一駅以外 st のトリップが大きく増加していることがわかった。

なぜ補完交通、イグレス交通が増加したのかの理由の 1 つは、対象の 3 年間で、駅以外 st を増やしたことであると考えられる。今回対象の 3 年間で、車台数はほぼ固定であるが、表 3 のようにステーション数が変化している。

2015 年 4 月までには、主要駅には st を確保済みで、2015 年 4 月以降に駅以外 st を増加させている。

このことより補完交通を増加させるためには、主要駅に st を整備した上で、駅以外のステーション数を増やすことで効果が高まったことがわかった。

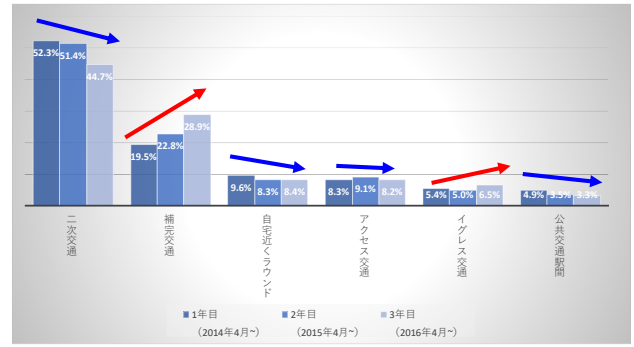


図 9 トリップ比率 (2014 年 4 月~2017 年 3 月)

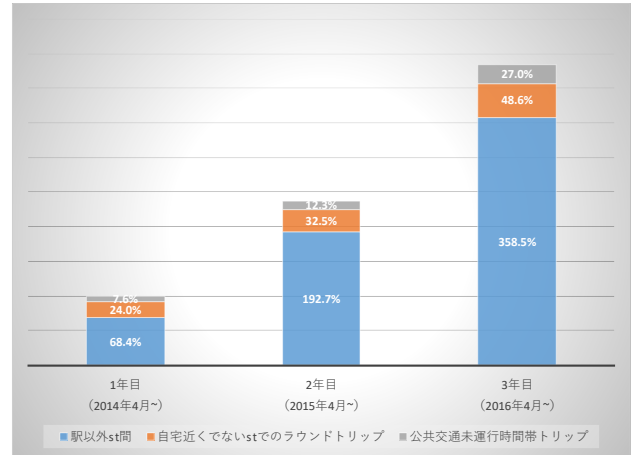


図 10 補完交通内訳 (2014 年 4 月~2017 年 3 月)

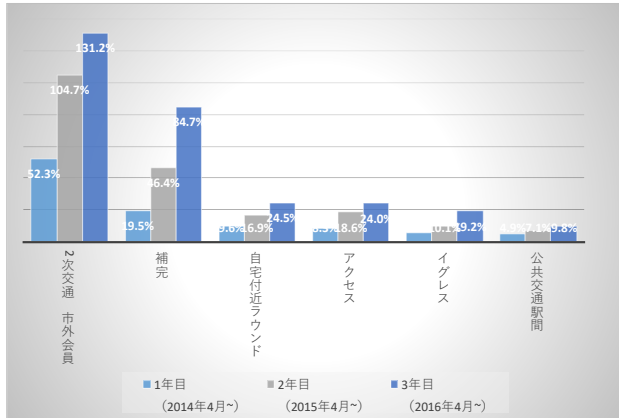
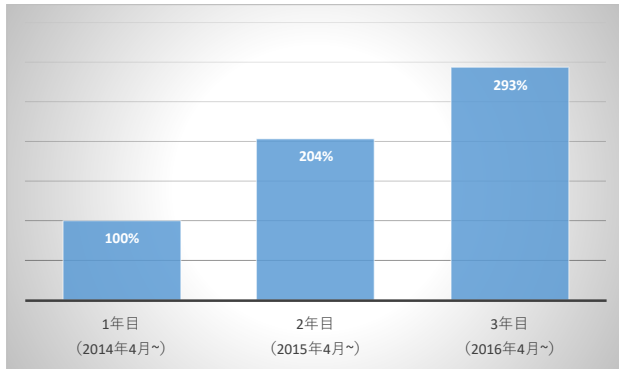


図 8 上 トリップ量/ 下 分類別結果 (2014 年 4 月~2017 年 3 月)

表 3 整備した st 数

	駅st 数	駅以外st 数
~2015年3月	12	20
2015年4月~2016年3月	15(+3)	37(+17)
2016年4月~2017年3月	16(+1)	41(+4)

(5) 分類別の利用時間帯分析

次にそれぞれの分類がどのような時間帯で利用されているのかを明らかにする。

合計 8 つの分類別に特徴を見ると、大きく 3 つに大別されることがわかった。それぞれについて個別に確認する。

a) 朝夕にピークあり

二次交通、イグレス交通、公共交通補完-駅以外 st 間、自宅付近ラウンドトリップの 4 分類が朝夕にピークがあることが特徴である (図 11)。朝 (6:00-9:00 頃) と夕方 (17:00-20:00 頃) にピークがあるのが基本的な傾向を示すが、イグレス交通だけは 20 時以降も利用はあまり落ちていないことが特徴である。

豊田市での時刻帯別トリップ数の現況 4)を確認する

と、朝夕がピークのトリップ傾向を示しており、このことより、Ha:moRIDE トリップの大半を占める 4 種別が同様の傾向を占めることより、豊田市での普段の交通の 1 部を担っていることがわかった。

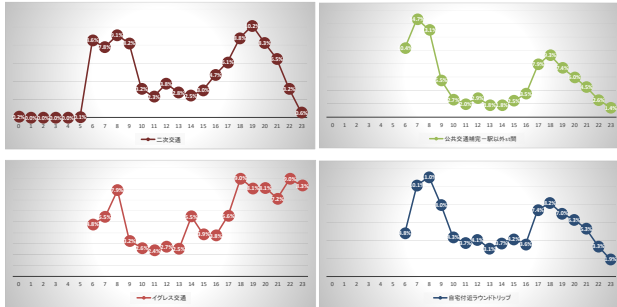


図 11 時間帯別トリップ傾向（朝夕ピークあり）

b) 夕方以降にピークあり

アクセス交通、公共交通駅間交通の 2 分類が、夕方以降にピークがあることが特徴である（図 12）。

アクセス交通は 18:00-20:00 がピークであり、出発 st として、トヨタ本社地区 st（事務/技術本館）が上位を占める。

公共交通駅間は、夕方以降イグレス交通と同様に 20 時以降も比較的利用が落ちないことが特徴的である。最もトリップ数が多い OD は、三河豊田駅 st→浄水 st であり、この区間を公共交通で行く場合、愛知環状鉄道から名古屋鉄道に乗り換えるため、新豊田駅-豊田市駅に 3-5 分程度の乗り換えが必要であり、心理的な乗り換え抵抗が大きいいため、利用されていると考えられる。

また、アクセス交通、公共交通駅間交通とも、朝の利用が少なく、夕方での利用が多い理由は、朝の時間帯は渋滞が集中するため徒歩、公共交通を選択し、夕方以降はピークがなだらかであるためワンウェイカーシェアリングを利用している（使い分け）ものと思われる。

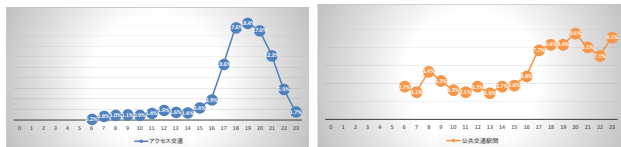


図 12 時間帯別トリップ傾向（夕ピークあり）

c) 昼にピークあり

公共交通補完-自宅近くでない st でのラウンドトリップが唯一日にピークがあることが特徴である（図 13）。12:00, 15:00 にピークがあり、おそらく、勤務

先等の出先からの私事、業務移動での利用に利用されていると思われる。

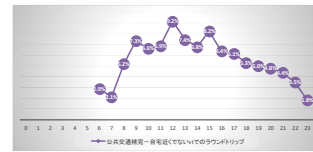


図 13 時間帯別トリップ傾向（昼ピークあり）

最後に、公共交通が運行していない時間帯と定義した 0 時～5 時台までのトリップ傾向を図 14 に示す。終電に近い 0 時台及び始発に近い 5 時台にトリップが集中していることがわかる。

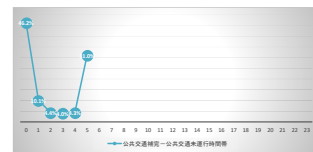


図 14 時間帯別トリップ傾向（公共交通未運行時間帯トリップ）

5. 結論

(1) 個人のトリップチェーン視点で、ワンウェイカーシェアリングのトリップがどのような社会的な意味を担っているのか分類を定義した。

(ア) エリア外会員：1 種類、エリア外からエリア内で利用するためには、鉄道などの公共交通が一次交通で、エリア内でのワンウェイカーシェアリングトリップは二次交通であると想定できるため、エリア外会員のトリップを二次交通と定義した。

(イ) エリア内会員：7 種類、エリア内会員のトリップチェーンを考える上で、登録住所（≒自宅）と公共交通駅（鉄道等）との関係が重要で、アクセス交通、イグレス交通、補完交通等合計 7 種を定義した。

(ウ) 分類定義は提供するエリアの形態によって、エリア内外判定、公共交通が運行している時間帯などが異なるため、エリアに合わせたトリップ分類方法も検討した。

(2) Ha:moRIDE@豊田市での実績トリップデータを分類し、下記を明らかにした

(ア) 2014 年 4 月から 1 年間の実績データより、二次交通比率が最も高く、補完交通、自宅付近ラウンド利用が上位の利用であることがわか

った

- (イ) トリップ量は全ての分類で年々増加している中、トリップ比率は補完交通、イグレス交通が増加し、それ以外は減少傾向
- (ウ) 補完交通、イグレス交通のトリップ比率が増加している要因の 1 つとして、公共交通駅以外の場所に置いたカーシェアステーションの増加であることがわかった
- (エ) 分類別の時間帯での利用傾向は、大きく 3 つに分けられ、大半は朝夕ピークで普段の交通の 1 部を担っていることなどを明らかにした

本研究の結果より豊田市においてワンウェイ型カーシェアリングがマルチモーダル交通環境での 1 つのサービスシステムとして利用され、かつ徐々に利用が伸びてきていることを明らかにした。

6 今後に向けた課題

- (1) 公共交通駅間トリップの定義の見直し
運行されていない時間帯のみを補完交通としたが、公共交通駅間の場合、乗り換え抵抗があるためワンウェイカーシェアリングを選択していると考えられるため、乗り換え及び急行の有無、頻度の視点など

で詳細を分析する。

- (2) 公共交通としてバスを対象に加えた実態分析
今回今回公共交通として、鉄道のみを対象としているが、バスを対象として加えた場合のどのように分析できるかを検討する。

参考文献

- 1) Leclerc,B., M. Trépanier,M. and Morency,C. : UNRAVELING THE TRAVEL BEHAVIORS OF CARSHARING MEMBERS FROM GPS TRACES, TRB2013 Annual Meeting
- 2) 河尻陽子、金森亮、山本俊之、森川高行 : 運営管理データを用いたカーシェアリングの利用実態分析、土木計画学論文集 D3,Vol70,No5 (L487-L500,2014)
- 3) Wang,F., Ross,C L. : New Potential for Multimodal Connection: Exploring the Relationship between Taxi Trips and Transit in New York City , TRB 2017 Annual Meeting
- 4) パーソントリップ調査からみる豊田市における人の動き
(http://www.city.toyota.aichi.jp/res/projects/default_project/page/001/005/143/01.pdf)

(2017.7.31 受付)

MODERING THE TRIP TYPE OF ONE-WAY CARSHARING IN A TRIPCHAIN AND ANALYSIS BY PRACTICAL DATA

Masahiro KUWAHARA, Akira YOSHIOKA, Yukiko HOMMA,
Nobuhiro UNO, Toshiyuki Nakamura, Jan-Dirk Schmöcker

One-way car sharing is expected one of the transport systems in multi-modal transport environment. Ha:moRIDE in Toyota-city had shown that one-way car sharing trip was a part of trips in a tripchain. In this study, we develop the definition of trip types considering the feature of inside/outside service area members in the viewpoint of tripchain and discriminant model.

By using the discriminant model, practical data in Toyota-city showed that secondary traffic by outside service area members had the most amount of trips, and trip rate of complementary and egress traffic had been increasing for three years because of adding several Ha:moRIDE stations far from public transportation's station. Also trip pattern per hour revealed there are three types and the majority of trip that had two-peaks(morning/evening) was a part of typical urban traffic trip patterns.

Results showed that one-way carsharing was used as a one of the transport systems in multi-modal transport environment and has been gradually growing for several years.