

# 名古屋大学における電動自転車シェアリング システムの導入効果に関する研究

坪井 佑樹<sup>1</sup>・佐藤 仁美<sup>2</sup>・森川 高行<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 名古屋大学大学院 工学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)  
E-mail:tsubo881@outlook.com

<sup>2</sup>正会員 名古屋大学特任講師 未来社会創造機構 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)  
E-mail:sato@trans.civil.nagoya-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 名古屋大学教授 未来社会創造機構 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)  
E-mail:morikawa@nagoya-u.jp

名古屋大学東山キャンパスは丘陵地にあり、敷地が広大なため自転車の利用者が多く、駐輪場の確保や放置自転車の発生等が問題となっている。解決策の1つとして、電動アシスト付き自転車によるシェアリングシステムが導入されており、本研究では利用実態の把握及び事務室等で保有する自転車数の削減の可能性を検証する。使用データは、名古屋大学で行われている電動自転車シェアリング実験の利用者アンケート調査である。移動手段選択モデルを構築し、シェアリングの規模（デポの数）を拡大した場合の利用回数や自転車の削減台数を予測した。その結果、坂道の多い地域でシェアリングが利用されやすいことや、シェアリング実施に伴い学内に駐輪されている自転車が減少する可能性が示された。

**Key Words :** *personal mobility, sharing system, electric assisted bicycle*

## 1. はじめに

名古屋大学東山キャンパスは、名古屋市東部の丘陵地に位置している。1万人余りの学生が通学し、3千人を超える教職員が勤務している。キャンパスの敷地面積は698,485m<sup>2</sup>である<sup>1)</sup>。東西に細長い形をしており、キャンパスの中央に公道があり、キャンパスを東西に分断している。キャンパスの西側は平坦な地形であるが、東側は丘が続いている。

このように、キャンパスが広く土地の起伏が大きいため、徒歩でキャンパス内を移動すると時間がかかってしまい不便であることから、学内移動には自転車が多く利用されている。学内のみで利用されている自転車や、事務室や研究室で保有する自転車が多いことや、毎年多くの放置自転車が発生していることもあり、駐輪設備に余裕がなく、指定された駐輪場所以外にも自転車が駐輪されているのが現状である。

さらに、丘陵地のため通常の自転車では移動が大変なことから、キャンパス内の移動のために自

動車が利用されることも少なくない。名古屋大学では、2014年時点で2005年比20%を超えるCO<sub>2</sub>削減を目指しており<sup>2)</sup>、自動車利用を抑制しCO<sub>2</sub>排出量を削減することが求められる。

そこで、学内の交通の円滑化や、学内のみで利用する自転車や放置自転車の削減、自動車利用の抑制の検証のために、2012年より電動自転車シェアリングの実証実験が実施されている。通常の自転車によるシェアリングシステムでは登坂の移動が大変であるため、丘陵地でも移動が容易な電動アシスト付き自転車が用いられている。システムの詳細については第2章で述べる。

自転車シェアリングシステムは、欧米の都市を中心に事業が展開されているが、近年では日本の都市や大学においても導入が進んでおり、それに関する研究もいくつか行われてきた。都市においては、佐藤ら<sup>3)</sup>が名古屋市中心市街地で実施された自転車共同利用サービスの社会実験から利用者行動特性を把握した。また、貸出頻度モデルを構築し、どのような場所にステーション（駐輪場）を配置すべきかを定量的に分析した。その結果、

駅や商業施設の周辺にステーションを配置すると利用回数が増加することが示された。大学における共同利用実験としては、石坂ら<sup>4)</sup>が日本大学理工学船橋キャンパスにおける電動アシスト自転車の社会実験から、共同利用の評価や本格導入に向けての検討を行った。この研究では、地域住民への意識調査や運営に伴う費用を算定し、共同利用のあり方について考察している。大学における自転車共同利用システムの需要予測を行った研究として、藤田ら<sup>5)</sup>は名古屋大学内で実施されたパーソナルモビリティ（以下、PM）に関するアンケートの調査結果から自転車、電動自転車、セグウェイの需要予測を行った。この研究ではRP（Revealed Preference）/SP（Stated Preference）モデルを用いてPMの乗り物の種類や料金の設定、デポ（駐輪場）の設置数の変化によるPMの利用数の変化を分析している。しかしながら、この研究ではPMが仮想的に実施された場合の行動をアンケートで尋ねており、実際の利用実態とは異なる可能性がある。

以上を踏まえ、本研究では電動自転車シェアリングの利用実態の把握と、シェアリングの規模を拡大した場合の導入効果分析を行う。まず、シェアリング実験のモニター登録者に対して行われた利用者アンケート調査から、シェアリングの利用実態について分析を行う。次に、利用者アンケート調査データを用いて移動手段選択モデルを構築し、利用傾向を把握する。さらに、得られたモデルと2011年に名古屋大学で行われた学内パーソナルトリップ調査データを用いて、シェアリングの規模を拡大した場合の利用回数や自転車の削減台数を予測する。本研究では、特にデポの数を増やした場合に着目して分析を行う。

## 2. シェアリング実験の概要

実施場所は名古屋大学東山キャンパスであり、2012年6月から実験を行っている。電動自転車シェアリング実験の実施概要を表-1示す。また、実際のデポの様子を図-1に示す。

利用者は名古屋大学の教職員及び大学院生のみで、料金は登録・利用とも無料である。登録はメール、FAXによるエントリーの後、登録者に送られる専用のICカードで自転車の鍵やバッテリーの貸出・返却を行う。ICカードを使用しているため、無人での運営が可能となっている。

本実験では、実施期間中にデポ設置場所を変更

表-1 電動自転車シェアリング実験実施概要

実施場所	名古屋大学東山キャンパス
実施期間	2012年6月～
対象者	名古屋大学に所属している、教員・職員・大学院生
2013年11月末時点での参加人数	教員83人、 職員151人、 大学院生73人 計307人
利用時間	24時間365日利用可能 (1回あたりの利用は3時間以内)
利用料金	無料
その他の条件	貸出手続きを行ったデポと同じデポに返却



図-1 電動自転車シェアリングのデポの様子

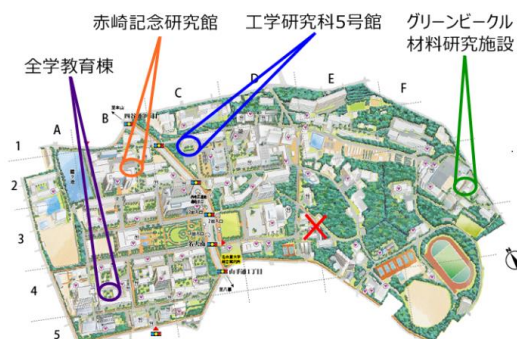


図-2 2013年9月以降のデポ設置場所

している。2013年8月以前は3箇所であったが、2013年9月以降は4箇所増加した。2013年9月以降のデポ設置場所を図-2に示す。デポの位置は、藤田ら<sup>5)</sup>を参考に、利用頻度が多くなると想定される地域に設定した。

自転車の台数については、2013年9月以降は、「全学教育棟」のデポに7台、「赤崎記念研究館」「工学研究科5号館」「グリーンビークル」のデポにそれぞれ10台ずつ、合計37台設置した。使用車両はヤマハ発動機PAS CITY-Cである。

表-2 利用者アンケート概要

実施時期	2013年11月29日～12月11日
対象者	電動自転車シェアリング実験の利用登録者
対象者数	301人
回答率	71.1% (214人)
実施方法	PDFによるアンケート調査表をEメールで配布

表-3 利用者アンケート調査質問項目概要

質問項目	内容
①個人属性	立場（学生，職員，教員），所属，職位・学年，居室の有無と場所，性別，年齢等
②電動自転車シェアリングの利用について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シェアリング実験に参加した理由</li> <li>・シェアリングの利用頻度</li> <li>・シェアリング実験の満足度</li> <li>・シェアリング実験による行動や意識の変化</li> </ul>
③普段の出勤・登校や学内移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通勤・通学時刻，交通手段</li> <li>・学内でよく行うトリップパターン（出発地ゾーン，目的地ゾーン，移動目的，移動手段，時刻，頻度等）</li> </ul> ※最大7パターンまで記入可



〈東山キャンパス内ゾーン図〉

図-3 名古屋大学東山キャンパス内ゾーン区分

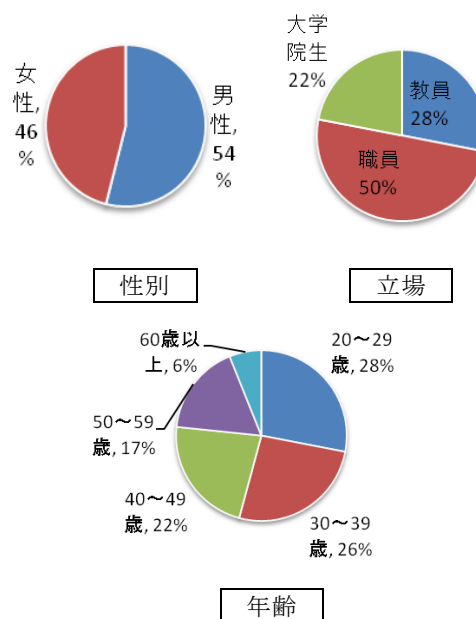


図-4 利用者アンケートの個人属性

### 3.利用者アンケートによる利用実態の把握

#### (1) 利用者アンケート概要

シェアリングの利用状況や効果について把握するために、2013年11月から12月にかけて自転車シェアリング実験のモニター登録者に対してアンケート調査を実施した。表-2にアンケート調査の実施概要を示す。

アンケートでは主に、個人属性、シェアリング実験による行動や意識の変化、学内のみで使用する自転車の所有状況、普段の移動パターン等について尋ねた。利用者アンケート調査質問項目概要を表-3に示す。

利用者アンケート調査及び学内パーソナルトリップ調査（以下、学内PT調査）（後述）では、出発地や目的地を尋ねる際に、名古屋大学東山キャンパスを図-3に示すとおり15のゾーンに分けて調査を行った。

利用者アンケートの個人属性を図-4に示す。まず性別は男性54%、女性46%と男女比はほぼ同じである。次に立場についてみていくと、職員

が全体の50%を占めているが、教員や大学院生もシェアリングを利用している。なお、今回の実証実験の対象者は教員・職員・大学院生のためシェアリングを利用している学部生はおらず、利用者アンケートも学部生の回答者はいない。年齢構成は、20歳代と30歳代で過半数を占めるが、幅広い年代の方が回答している。

#### (2) 電動自転車シェアリングの利用実態

シェアリングの移動目的を、目的地の学内・学外別に集計した（図-5）。目的地が学内の場合は「研究・実験」や「会議・打ち合わせ」目的のトリップが多かったが、目的地が学外の場合は「食事・買い物」目的のトリップが全体の74%を占めた。この結果から、目的地によりトリップ目的が異なることがわかる。

次に、シェアリングが実施されていない場合の移動手段を尋ねた（図-6）。学内・学外ともに徒

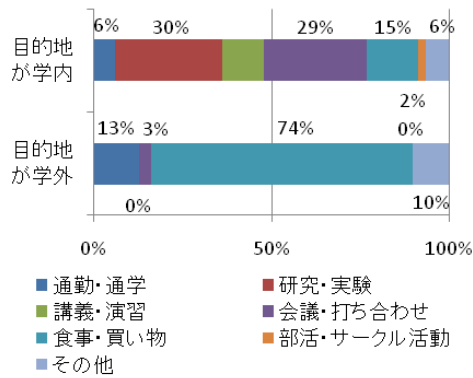


図-5 シェアリング移動目的

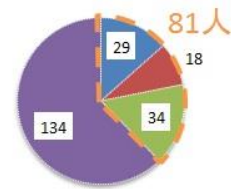


図-7 自転車の所有状況

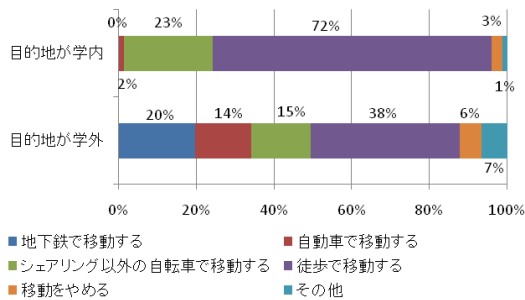


図-6 シェアリングがなかった場合の移動手段



図-8 学内のみで乗車する個人用自転車の処遇

歩からの転換が最も多かった。また、学内ではシェアリング以外の自転車からの転換が全体の23%を占めた。学外では、自動車からの転換が全体の14%を占めた。また、「移動をやめる」トリップは、目的地が学内の場合は全体の3%、学外の場合は全体の6%を占めており、誘発交通も確認された。

さらに、利用者アンケート回答者におけるシェアリング以外の自転車所有状況を図-7に示す。アンケート回答者の38%、81人が学内で利用できる自転車を所有していることがわかった。このうち、通勤・通学で家から大学まで乗車する自転車はシェアリング導入後も使用されると考えられる。一方、学内のみで乗車する自転車や他人と共有の自転車は、シェアリングの本格導入により削減できる可能性がある。

そこで、「学内のみで乗車する自転車を持っている」及び「他人と共有の自転車がある」と答えた利用者に対し、自転車シェアリングが今後も続けられた場合の自転車の処遇を尋ねた(図-8, 9)。すると、個人用自転車を所有している人の50%、自転車を共有している人の38%が、今後学内に自転車を置かない可能性があることがわかった。このことより、自転車シェアリングの規模を拡大

した場合、学内に駐輪している自転車の台数が減少する可能性が示唆された。

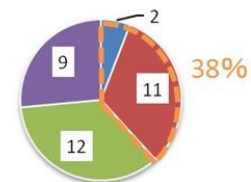


図-9 共有自転車の処遇

#### 4. 移動手段選択モデルの構築

##### (1) 使用したモデルの概要

シェアリング導入時における名古屋大学内の移動手段選択行動を把握するために、利用者アンケートの調査結果を用いて移動手段選択モデルを構築する。本研究では非集計モデルとして多項ロジットモデル(Multinomial Logit Model)を採用する。しかしながら、利用者アンケートでは

普段の行動パターンについて尋ねたため移動頻度に関して考慮する必要があるが、通常の最尤推定法では移動頻度を考慮することができない。そこで、本研究では、WESML 推定 (Weighted Exogenous Sample Maximum Likelihood Estimation) を適用し、移動頻度ごとに重みをつけて推定する。多項ロジットモデルや WESML 推定の詳細については、北村ら<sup>9)</sup>などを参照されたい。

移動手段選択モデルの選択肢は、徒歩、自動車、自転車、電動自転車シェアリングの自転車 (シェアリング自転車) の四肢選択とした。また、シェアリング以外の自転車で移動する場合は、その自転車が研究室等で共用している場合は研究室等共用自転車所有ダミーを変数に用いた。

所要時間の算出方法であるが、徒歩・自転車・自動車で移動する場合は、出発地ゾーンのセントロイドから目的地ゾーンのセントロイドまで移動することとし、その際の所要時間を用いる。一方、シェアリング自転車で移動する場合は、まず徒歩で出発地ゾーンのセントロイドから最も近いデポまで移動し、そこから目的地ゾーンまで移動することとし、その時の所要時間を用いることとする。デポまでのアクセス時間は利用者アンケートの「居室から最寄りのデポまでの所要時間」の回答を用いた。それ以外の所要時間はゾーン間の距離から速度を除いて求めた。ここで、徒歩の速度を 4(km/h)とし、自動車の速度を目的地が学内の場合は 15(km/h)、目的地が学外の場合は 30(km/h)とした。また、自転車の速度は 30(km/h)とした。

## (2) 推定結果

推定結果を表-4 に示す。t 値はすべての項目で統計的に 5%有意である。サンプル数は 464 であるが、これは利用者アンケート回答者 214 人が回答したトリップパターンから、推定に必要な項目 (出発地ゾーン、目的地ゾーン、移動手段など) が空白であるデータを削除した数である。修正済み決定係数は 0.686 であり、モデルの適合度は高いといえる。的中率は 82.7%となった。

始めに、選択肢「徒歩」について考察する。50 歳以上ダミーが負となったことから、50 歳以上の人は徒歩での移動をしない傾向にあることがわかる。また、食事・買い物ダミーが正となったが、複数人で食事へ行くことが多いため、自転車や自動車が利用されにくいと考えられる。

次に、選択肢「自動車」について考察する。東山キャンパスは中央を南北に公道 (山手グリーン

表-4 移動手段選択モデル推定結果

選択肢	変数名	推定値	t 値
徒歩	50 歳以上ダミー	-1.02	-4.0
	食事・買い物ダミー	1.41	4.7
自動車	定数項	-2.32	-16.2
	東地区・西地区 相互移動ダミー	-0.56	-5.3
自転車	定数項	-1.56	-5.8
	研究室等共用自転車 所有ダミー	-2.22	-13.3
シェア リング 自転車	定数項	-1.06	-2.0
	坂の多いゾーンを 目的地とするダミー	1.10	4.2
	目的地学外ダミー	2.04	8.6
全て	デポへのアクセス時間 (5 分あたり)	-2.02	-6.1
	移動時間 (5 分あたり)	-2.22	-3.7
サンプル数		464	
自由度調整済み決定係数		0.686	
的中率		82.7%	

ロード) が通っているため、自動車で東西方向に移動する際は一度公道に出てからキャンパスに入りなおす必要がある。また、公道に出るための出入り口も限られている。そのため、東山キャンパスの東地区 (ゾーン 1~8) と西地区 (ゾーン 9~14) を相互に移動する際にダミーを設定した。このダミーが負であることより、東地区と西地区を跨いだ移動では自動車が利用されにくいことがわかる。

次に、選択肢「自転車」について考察する。まず、定数項が負であることより、徒歩よりも利用されにくいことがわかる。また、「研究室等共用自転車所有ダミー」が負であることから、個人の自転車よりも共用の自転車のほうが利用されにくいことがいえる。

最後に、選択肢「シェアリング自転車」について考察する。シェアリング自転車は電動であり坂道の移動が容易であるため、坂が多いゾーンを目的地とする場合にダミーを設定した。この変数が正であることより、坂の多い地域で電動自転車シェアリングが利用されやすいことが示唆される。また、名古屋大学内から学外へ行く際も登坂があることから、目的地が学外である場合にもダミーを設定した。この「目的地学外ダミー」が正となったことから、学外への移動する際はシェアリング自転車が利用されやすいことがわかる。



## 5. 電動自転車シェアリングの規模を拡大した場合の行動変化

第5章では、第4章で得られた移動手段選択モデルを学内PT調査データに適用することで、シェアリングの規模を拡大した場合の行動変化を分析していく。

### (1) 学内PT調査データ

電動自転車シェアリングの規模を拡大した場合の効果を分析するにあたり、2011年名古屋大学で実施された学内PT調査のデータを使用した。

表-5に学内PT調査のデータの実施概要を示す。ここで回答率をみると、職員や教員と比べて、学部生と大学院生の回答率が極めて低くなっていることがわかる。これは、職員、教員については全員にアンケートの通知を行ったが、学部生と大学院生は各研究室経由で通知したため、研究室に所属していない学部生には通知が届かなかったことが考えられる。本研究では、学部生は回答率が少ないこと、シェアリングの実験に参加していないことから、導入効果を行う際の分析から除外した。

アンケートでは主に、個人属性や学内での移動などに関して尋ねている。学内PT調査におけるアンケート調査項目の概要を表-6に示す。

ここで、学内PT調査の個人属性について集計したところ(図-10)、図-4のシェアリング利用者アンケート調査の個人属性とよく似た結果を示した。また学内における代表交通手段を比較すると(図-11)、利用者アンケート調査においてシェアリング実験が実施されていない際の代表交通手段のシェア比と、学内PT調査の代表交通手段のシェア比がほとんど同じ傾向を示している。ゆえに、学内PT調査と利用者アンケート調査で母集団の分布が等しいと仮定し、導入効果分析を行う際には表-4で得られた移動手段選択モデルの推定結果をそのまま用いることとする。拡大係数は、教員が5.60、職員が2.86、大学院生が23.15である。

### (2) 条件の設定

本研究では、名古屋大学内の全教員・職員・大学院生の全員が利用可能であると仮定し、学内にデポを4箇所設置した場合、8箇所設置した場合、15箇所設置した場合のそれぞれに対して政策分析を行う。デポの位置を図-12、13、14に示す。デポが4箇所の場合の設置場所は、2013年9月

表-5 学内PT調査実施概要

実施時期	2011年6月16日～7月18日
対象エリア	名古屋大学東山キャンパス
対象者	名古屋大学東山キャンパスに所属している人
対象者数	教員 1,725人、職員 1,421人、大学院生 5,325人、学部生 8,581人
回答率	教員 17.9% (308人)、職員 34.9% (496人)、大学院生 4.3% (230人)、学部生 1.1% (92人)
実施方法	Web アンケート

表-6 学内PT調査項目概要

項目	内容
①個人属性	立場(学生、職員、教員)、所属、職位・学年、居室の有無と場所、性別、年齢等
②普段の出勤・登校や学内移動	・通勤・通学時刻、交通手段 ・学内でよく行うトリップパターン(出発地ゾーン、目的地ゾーン、移動目的、移動手段、時刻、頻度等) ※最大10パターンまで記入可

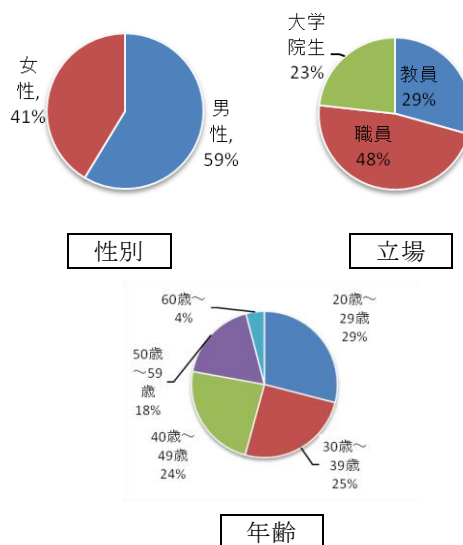


図-10 学内PT調査の個人属性(学部生は除外)

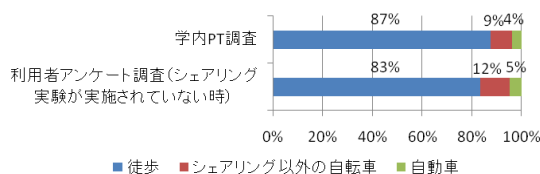


図-11 学内における代表交通手段の比較



図-12 デポを4箇所配置した場合の位置



図-13 デポを8箇所配置した場合の位置



図-14 デポを15箇所配置した場合の位置

表-7 利用条件の設定

	Round-trip	One-way
返却先	貸出したデポと同じ場所に返却	全てのデポに返却可能
1回あたりの利用時間	3時間以内	1時間以内

以降におけるシェアリング実験のデポの位置と同一である。デポが8箇所の場合の設置場所は、4箇所の場合に加えて、2013年7月以前にデポを設置していたゾーン1と、ゾーン人口が多いゾーン6、ゾーン10、ゾーン13に設置することとする。デポが15箇所の場合は、各ゾーンに1箇所ずつデポを設置することとする。

また、分析にあたっては「Round-trip」と「One-way」の2つの利用条件を設定した。想定した利用条件の概要を表-7に示す。なお、ここでは自転車の台数は考慮せず、常にシェアリング自転車を使用できる状態を仮定する。

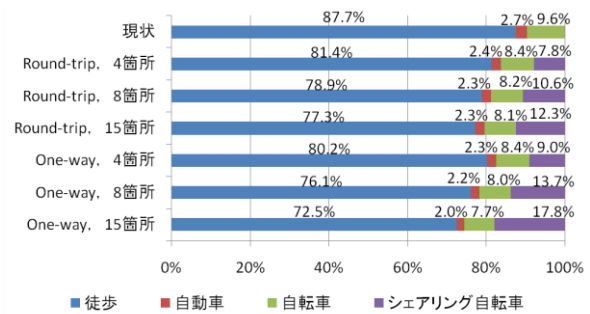


図-15 代表交通手段の変化

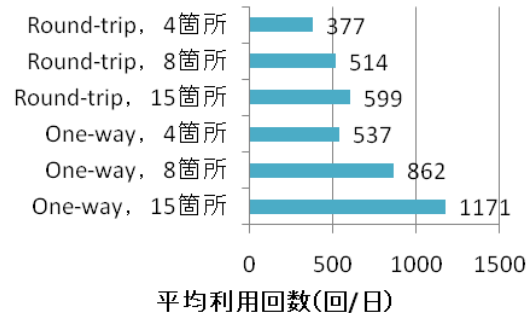


図-16 シェアリング自転車利用回数

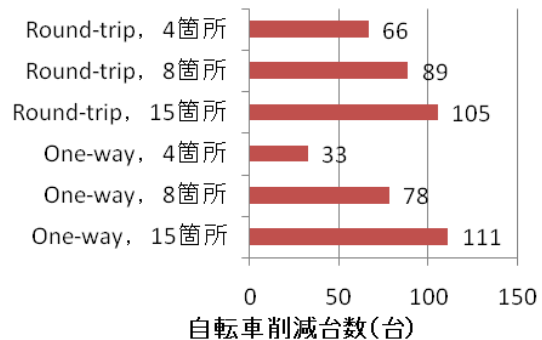


図-17 シェアリング実施に伴う自転車削減台数

### (3) 規模を拡大した場合の導入効果

学内における現在の代表交通手段の分担率と、デポの位置や利用条件を変更した場合の代表交通手段の分担率を数え上げ法により分析した(図-15)。

まず、デポの数を増やした場合の自転車、自動車トリップ数の変化について考察する。その結果、デポが増加するほど、徒歩、自転車や自動車のトリップが減少するという、論理的な結果となった。特に、自動車のトリップが減少していることから、シェアリング導入に伴い学内の移動が自動車からシェアリングに転換されることが予想される。

次に、「Round-trip」と「One-way」について比

較する。デポを 4 箇所を設置した場合は、「Round-trip」と「One-way」で自転車、自転車のトリップの減少量の違いがほとんどない。しかし、デポを 8 箇所、15 箇所と増やした場合は、「One-way」のトリップの減少量が「Round-trip」よりも大きくなった。これは、往復で 3 時間以上かかるトリップが多く、「Round-trip」だと利用時間を越えてしまい利用されないためと考えられる。このことから、多数のデポを設置する場合は、1 回あたりの貸出時間を長くするよりもすべてのデポで返却可能なシステムにした方が、自転車や自動車からの転換が進むと予想される。

次に、目的地を学内とするシェアリング自転車の予想利用回数を図-16 に示す。デポの数が増加するほど利用回数が増加しているが、「One-way」で利用回数が特に増加する結果となった。これは、貸出したデポ以外でも返却できるようにしたため、往復で 3 時間以上のトリップで利用されるようになったためであることと、往復 1 時間以上 3 時間未満のトリップではシェアリング自転車を一旦返却するためと考えられる。

さらに、シェアリングの規模を拡大した場合の自転車削減台数を予測した(図-17)。ここでは、ある人のすべてのトリップにおける代表交通手段が自転車以外となった場合に、自転車を利用しなくなると判断した。また、図-8、9 の基礎集計の結果より、個人用自転車の 50%、共用自転車の 38%のみが自転車を学内に置かなくなるとして推定を行った。なお、通勤・通学時に利用されている自転車は除外した。

名古屋大学には約 7,000 台の自転車が駐輪されている。そのうち、シェアリング導入に伴い削減される可能性のある自転車の総数は 1,113 台である。

予測結果をみると、デポを増加させるほど、自転車が削減されていることがわかる。興味深いことに、デポを 4 箇所、8 箇所に設置した場合は「Round-trip」の削減台数が多くなったが、デポを 15 箇所の設置した場合は、「One-way」で自転車が削減されるという結果となった。「One-way」でデポが 4 箇所や 8 箇所の場合、デポの数が少ないため目的地までのイグレス時間が長くなりシェアリングの効用が低下する。その結果、一部のトリップで学内専用の自転車が使用され続けるため、自転車が削減されなかったと考えられる。

## 6. おわりに

本研究は、名古屋大学において実施された電動自転車シェアリング実験によって得られた利用者アンケート調査のデータを用いて、シェアリングの利用実態を把握した。また、移動手段選択モデルを構築し、シェアリングを大規模に実施した場合の導入効果を分析した。その結果、シェアリング実験実施に伴い、自転車からシェアリングへの移動手段の転換がみられた。また、学内のみで用いられている自転車のうち 100 台程度がシェアリングの導入で駐輪されなくなることが明らかとなった。ゆえに、シェアリングは学内のみで使用されている自転車や事務室等で保有されている自転車の削減に効果的であるといえる。

今後の検討課題としては、学部生がシェアリングに参加した場合の利用特性や規模を拡大したときの導入効果の検討や、デポの自転車台数を考慮した需要予測の検討などが挙げられる。

## 参考文献

- 1) 名古屋大学広報室：名古屋大学プロフィール 2013 資料編，pp.14-16, p.44, 2013.
- 2) 名古屋大学施設計画推進室・施設管理部：名古屋大学キャンパスマスタープラン，pp.52-58, 2010.
- 3) 佐藤仁美，酒井良輔，三輪富生，森川高行：コミュニティサイクルシステムの利用実態とステーション配置に関する研究，土木学会論文集 D3・特集号（土木計画学研究・論文集），pp.I\_563-I\_570, 2013.
- 4) 石坂哲宏・福田敦：大学キャンパスを中心とする電動アシスト自転車による共同利用の取り組み，土木学会論文集，No.786，pp.31-38, 2005.
- 5) 藤田桃子・三輪富生・森川高行：名古屋大学におけるパーソナルモビリティ共同利用システム導入に関する基礎的研究，土木学会研究・講演集，Vol.45, CD-ROM, 2012.
- 6) 北村隆一・森川高行・佐々木邦明・藤井聡・山本俊行：交通行動の分析とモデリング，技報堂出版，pp.103-145, 2002.

(2014. 7. 31 受付)