土木学会論文集D3（土木計画学), Vol.78, No.5（土木計画学研究・論文集第40巻), I_529-I_537, 2023.

2輪EVの利用行動の把握とその変容に関するパネル分析

廣川　正太郎[1]・葉　健人[2]・周　純甄[3]・土井　健司[4]

[1]非会員　大阪大学大学院　工学研究科地球総合工学専攻（〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1）
E-mail: hirokawa.shotaro@civil.eng.osaka-u.ac.jp
[2]正会員　大阪大学大学院助教　工学研究科地球総合工学専攻（同上）
E-mail: yoh.kento@civil.eng.osaka-u.ac.jp (Corresponding Author)
[3]非会員　大阪大学大学院　工学研究科地球総合工学専攻（同上）
E-mail: chun.chen.chou@civil.eng.osaka-u.ac.jp
[4]正会員　大阪大学大学院教授　工学研究科地球総合工学専攻（同上）
E-mail: doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

環境負荷低減，小回りの利くラストマイルの移動手段としての期待から，小型電動モビリティの普及が進んでいる．小型電動モビリティは電動車特有の航続距離が短い点など従来モビリティとは異なる性質を持つ．本研究では，小型電動モビリティの1形態である2輪EVを3カ月間貸渡す実証実験を対象とし，モニターの行動パターンの分類・個人属性等との関係を把握した．さらに，1か月毎の行動パターンの推移をパネル分析によって明らかにした．加えて，行動パターンとモニターの意識・行動データの対応から，小型電動モビリティによる社会的含意に関する知見を得た．

Key Words: *small electric vehicle, travel pattern, experience-based value, panel analysis*

1. 研究の背景・目的

近年，小回りが利き，環境負荷を低減する次世代の交通手段として小型電動モビリティの普及が進んでいる．小型電動モビリティには，様々な形態があり，ニューノーマル時代の多様な交通需要に合う手段として，ますます期待が高まっている．実際，国土交通省[1)]では2010年より超小型モビリティを用いた実証実験等を行っており，2014年には超小型モビリティ導入ガイドブックが公表され，導入が進められている．

一方で，小型電動モビリティの普及にあたって，受容性向上が一つの重要な視点として挙げられている[2)]．小型電動モビリティは充電に時間を要する，ガソリン駆動車と比して航続距離が短いなどの異なった性質を有しており，利用者の受容性を検証する重要性が高い．一方で，従来とは異なる新たな交通手段に慣れる，あるいはライフスタイルに組み込まれるには一定の時間を要することに加え，個人差があると考えられ，本研究ではこれらの視点から小型電動モビリティの受容性を検討する．

小型電動モビリティの実証実験は2010年代から盛んに行われてきた．小型電動モビリティの試乗実験として，李ら[3)]は立ち乗り型パーソナルモビリティについて，試乗により購入意欲と操作の自信が増加し，受容性が向上したことを明らかにした．中村ら[4)]は交通不便地域における小型電動モビリティの試乗を踏まえ，新たなモビリティサービスによる回遊性向上の期待や利用意向が高いことを示していた．吉村[5)]は電動キックボードの試乗において，モニターの利用意向は非常に高く，特に800m未満の短距離の利用が見込まれることを明らかにした．以上のように，試乗による受容性の向上を示し，将来的な新しいモビリティシステムの導入を検討する事例が確認された．新しいシステムとして，小型電動モビリティをシェアリングする実証実験[6)-8)]に関する研究が存在する．これらの研究では，走行履歴データを収集しているものの，個人に着目した利用実態や受容性は検証されておらず，平均的な利用傾向の把握に留まっている．

他方，電動小型モビリティを一定期間個人に貸与する社会実験例[9)-11)]も一定数実施されている．竹原ら[9)]は社会実験を通じ，小型電動モビリティへの順応を検証した．順応の過程で目的地が多様化する行動パターンがあるこ

とを明らかにした．ただし，この研究が扱う社会実験は，代替交通手段が乏しく，施設密度が低い中山間地域で行われたことに留意したい．溝上ら[10),11)]は生活の空間的な広がりを評価する指標のLSA（Life-Space Assessment）を導入し，電動車いすの利用頻度が高いモニターほど生活活動範囲が広くなることを示した．以上のような個人に小型電動モビリティを1か月程度貸与する実証実験が実施され，目的地の多様化および活動範囲の拡大といった生活への影響が確認されているが，新しいモビリティが受容されるための期間として，充分かは検討の余地が残されている．

以上より，小型電動モビリティの利用実態や受容性，生活への影響に関する研究が見られるが，1か月を超える長期的な利用や，長期利用に伴う利用行動の変容・新たなモビリティがライフスタイルに組み込まれる過程を検証した研究は乏しい．そこで本研究は，小型電動モビリティの1形態である2輪EVを貸し出す実証実験において収集された3か月に渡る走行履歴パネルデータを用い，個人に着目した行動パターンの変容を明らかにする．特に，電動であるがゆえに航続距離が限定されるという制約条件のもと，個別モビリティの特徴である自由度の高い移動を可能にすること，また，小型電動モビリティの社会的含意に関する考察を行うことを目的とする．

2. バッテリー交換型2輪EV実証実験「eやんOSAKA」

本研究では小型電動モビリティのうち，バッテリー交換型 2 輪 EV を対象として分析を行った．本研究で扱うデータは（一社）日本自動車工業会，大阪府，大阪大学が共同で実施したバッテリー交換型 2 輪 EV 実証実験「eやん OSAKA」で収集されたものである．**表-1** に実証実験の概要を記載する．学生を中心としたモニターに原付一種の電動 2 輪 EV を貸与する．今回実験に用いた車両の一充電走行距離は，87km (30km/h 定地走行テスト値)であり，プラグインによる充電はできず，バッテリーを交換する型である．なお，本実験ではバッテリーの充電器を個人に貸渡せず，大学キャンパスおよび実験に協力するコンビニ計 12 箇所に，バッテリー交換場所を設けた．交換場所で，満充電のバッテリーと交換することで，充電待ち時間を無くすことができる点が，本実験の特徴である．実験後のヒアリングにより，交換時に充電済みのバッテリーが無かったケースは存在してないことを確認しており，本実験ではバッテリーが交換できなかったことにより移動に支障をきたしたケースはないことを確認している．

表-1 実証実験「eやん OSAKA」の概要

実験期間	2020 年 9 月～2022 年 3 月 (3 カ月×6 期) ただし，本稿は 2021 年 9 月までの 4 期分のデータを用いる
モニター	大阪大学所属学生・教職員各期 20 名 一部複数期を跨ぎ参加しているため， 分析対象は計 65 名
実験方法	それぞれの実験モニターに車両を貸出， 交換ステーションでバッテリー交換
貸出車両	本田技研工業社製　BENLY e (原付一種) 以降，単に 2 輪 EV と表記
バッテリー交換場所	大阪大学豊中・吹田キャンパス，キャンパス付近のローソン 10 店舗計 12 箇所

本研究では車両の走行履歴データ，モニターの属性情報および実験参加前後の意識・行動データを収集した．走行履歴データの概要は後述するが，個人情報保護および倫理的観点からモニターの自宅の町丁目内の車両の位置情報データについては，町丁目内の代表地点に置き換えるという秘匿処理を行った．モニターの属性情報は，性別，年齢などの基本的な属性に加え，自動 2 輪経験，通学手段等を含んでいる．実験参加前後での意識・行動に関するアンケート調査では，実験や車両への満足度，利用状況，生活の変化等を尋ねた．本実証実験での車両の貸し出し期間は最低 3 カ月であり，個人単位の行動パターンの変容を分析することが可能となっている．

3. 分析手法

(1) 分析に用いた走行履歴データ

2輪EVは，鉄道やバスなどの公共交通機関と比較して自由度の高い移動を提供でき，複数目的地への回遊や立ち寄り行動を誘発すると考えられる．またモニターの多くは大学生であり，比較的自由時間が多く，学業，課外活動，アルバイト等多様な活動を行うことから，より多様な移動パターンが想定される．したがって，本研究では出発地から目的地までのトリップに着目するのではなく，自宅を出てから自宅に帰るまでのトリップチェーンに着目し，これを行動分析の単位とした．

車両に搭載されたセンサなどから得られる走行履歴データは，車両の位置情報および時刻，車両電源のON/OFF情報を含んでいる．まず，このデータから，このトリップチェーンにおける発着地点である自宅がある町丁目の代表地点，経由地としての目的地の位置情報，および目的地到着・出発時刻を抽出した．なお，バッテリー交換にかかる時間が1分弱であり，こういった短時間の立ち寄りも考慮するために車両電源がOFFになってからONになるまでに1分以上ある場合を滞在と判定し，その場所を目的地とした．次に，モニターの空間的な行

動パターンを捉えるために，位置情報からトリップチェーンの幾何学的情報[12]を算出した．ここでは，9種の幾何学的情報を算出した．トリップチェーンの頂点の個数は目的地数，トリップチェーンの辺の長さの合計は総走行距離，行動範囲は凸包面積に相当する．またトリップチェーン中で最も滞在時間の長かった目的地を主目的地とするとき，自宅と主目的地を結ぶ直線に直角なトリップチェーンの幅は，立ち寄りの自由度を指していると解釈できる（**図-1**）．さらに，トリップチェーン中で最も遠い目的地を最遠地とするとき，自宅と最遠地を結ぶ直線に直角なトリップチェーンの幅は，行動範囲の広さと解釈できる（**図-2**）．加えてトリップチェーンの幅と主目的地までの距離の比・トリップチェーンの幅と最遠地までの距離の比（以下，幅/主目的地距離・幅/最遠距離とする）はトリップチェーンの縦横比，つまり細長さを示していると解釈できる．トリップチェーンの縦横比が小さい場合，最も遠い目的地への経路近傍に別の目的地が存在するような直線的な移動である．一方トリップチェーンの縦横比が大きい場合，自宅とある目的地を結ぶ直線とは異なる方向に別の目的地があるような移動である．つまり，縦横比が大きい場合は，ある目的地への経路から離れて寄り道しているような移動であると理解できる．加えて，モニターの目的地での活動に着目するため，目的地到着時刻・出発時刻から目的地の滞在時間を算出した．トリップチェーンに関して空間的・時間的に特徴を捉え，これら計11種類の行動分類指標（**表-2**）を以降の分析で用いた．

(2) トリップチェーンの類型化の方法

トリップチェーンの類型化を行う前に，前述のトリップチェーンの空間・時間に関わる11種類の指標に対し，主成分分析を適用することで，情報の縮約を行った．そして，主成分得点を用いて，クラスター分析を行うことでトリップチェーンを分類した．本研究では対象トリップチェーンのデータ数が多くなったため，有限混合分布モデルによるクラスター分析を実施した．以上の主成分分析およびクラスター分析を統計分析フリーソフトRのパッケージpsych (version2.1.9)およびmclust (version5.4.7)を用いて行った．

(3) モニターの行動パターンの特徴把握方法

類型化されたトリップチェーンから，モニターの1か月ごとの行動パターンの特徴を把握した．第1章で述べたように個別モビリティは自由度の高い移動を可能にする．これに応じ，複数の目的地を自由に訪れたトリップチェーンの割合および1か月間の類型化されたトリップチェーンの多様度の2つの観点から2輪EVの行動パターンの特徴を把握した．前者に関しては，モニターの1か月の総トリップチェーン数に占める多目的地トリップチェーンの占める割合を算出し，多目的地トリップ割合とした．後者は，1か月の移動パターンの多様度を式(1)のハナ・ケイ指標[13]を用いて算出した．なお，この指標は値が小さいほど多様度が大きいことを示す．さらに，その1か月ごとの推移を可視化することで，2輪EVを利用したことによる，行動の変容を捉えた．

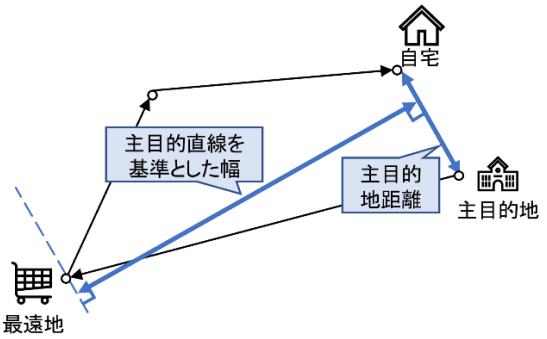

図-1 主目的地への移動を特徴づける指標

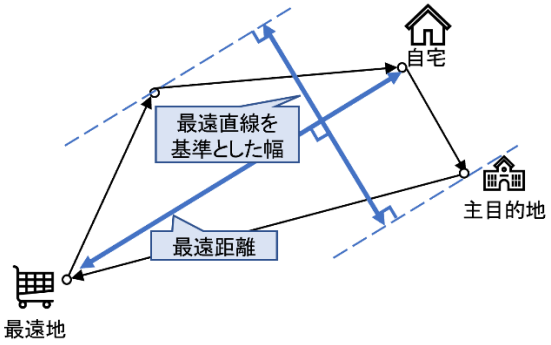

図-2 最遠地への移動を特徴づける指標

$$C_{HK(\alpha)} = \left[\sum_{i=1}^{S}\left(\frac{n_i}{N}\right)^{\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}} \quad (\alpha > 0, \alpha \neq 1) \qquad (1)$$

ここで，$C_{HK(\alpha)}$：ハナ・ケイ指標
S：クラスター数
α：弾力性パラメータ
（感度分析により本研究では2とした）
n_i：i番目のクラスターのトリップチェーン数
N：トリップチェーンの総数

4. 行動パターンの分類結果

(1) トリップチェーンの生成・行動分類指標算出

走行履歴データよりトリップチェーンを生成した結果，**表-3**のような結果が得られ，65名のモニターから合計3057のトリップチェーンが生成された．また，このすべ

てのトリップチェーンに対し，行動分類指標を算出した．**表-4**に行動分類指標の基礎集計結果を示す．

(2) トリップチェーンの類型

トリップチェーン毎に算出した行動分類指標に対し，主成分分析を適用した．また，平行分析法を実施し，本研究では第 3 主成分までを使用することとした．第 3 主成分までの累計寄与率は 72.0%となり十分といえる．**表-5** にその結果を示す．抽出された 3 つの主成分軸は，以降のように解釈した．

第 1 主成分軸（PC1）は，すべての変数の主成分負荷量が正の値をとっているため，「移動・活動の量」と解釈した．

第 2 主成分軸（PC2）の主成分負荷量の絶対値が大きい変数は目的地の個数，主目的地距離，幅/主目的距離，最遠距離，幅/最遠距離，主目的地滞在時間，副目的地滞在時間となり，この中でも目的地の個数，幅/主目的距離，幅/最遠距離，主目的地滞在時間，副目的地滞在時間は正の値をとり，主目的地距離，最遠距離は負の値をとっている．このため，第 2 主成分得点が高い程，移動の自由度が高いとともに，目的地での滞在時間が長い傾向にあるため活動の自由度も高いといえる．したがって PC2 を「移動・活動の自由度」と解釈した．

第 3 主成分軸（PC3）の主成分負荷量の絶対値が大きい変数は幅/主目的地距離，最遠距離を基準とした幅，幅/最遠距離，主目的地滞在時間，副目的地滞在時間となり，この中で幅/主目的地距離，主目的地滞在時間，副目的地滞在時間は正の値をとり，最遠距離を基準とした幅と幅/最遠距離は負の値をとっている．このため，第 3 主成分得点が高い程，トリップチェーンは細長い形状となり，目的地での滞在時間が長くなっている一方で第 3 主成分得点が低いと短時間の滞在時間で複数の目的地を立ち回る行動を示す．したがって活動を重要視するか移動を重要視するかを示す指標であり，PC3 を「活動の相対的重要度」と解釈した．

それぞれのトリップチェーンに対し主成分得点を算出し，その値を用い，有限混合分布モデルによるクラスター分析を実施した．結果，A~Fの6つのクラスターが抽出された．また，各クラスターのそれぞれの主成分得点の中央値から各クラスターの特徴を捉え，名前を付けた．

クラスターの概要と主成分得点の中央値，1トリップチェーンあたりの目的地の個数の平均を**表-6**に示す．

(3) 行動パターン特性を表す指標

モニターの1か月ごとのトリップチェーンを類型毎に集計した．クラスタリング結果からクラスター数は6となったため，S=6として式(1)から移動パターンの多様度度を表すハナ・ケイ指標を算出した．

表-2 トリップチェーンを特徴づける行動分類指標

空間的情報	
・目的地の個数 (個) ・主目的地距離 (m) ・主目的直線を基準とした幅 (m) ・幅/主目的距離 ・最遠距離 (m)	・最遠直線を基準とした幅 (m) ・幅/最遠距離 ・凸包面積 (m^2) ・総走行距離 (m)
時間的情報	
・主目的地滞在時間 (分)	・副目的地滞在時間 (分)

表-3 各期のトリップチェーンの概要

	期間	トリップチェーン数	モニター数
第1期	2020年9月末～12月	581	14
第2期	2021年1月～3月	516	14
第3期	2021年4月～7月	739	18
第4期	2021年7月～9月	1221	19
全体		3057	65

表-4 行動分類指標の基礎集計結果

	平均	分散
目的地の個数	2.46	4.26
主目的地距離 (m)	3.05×10^{3}	9.66×10^{6}
主目的地距離を基準とした幅 (m)	1.18×10^{3}	3.85×10^{6}
幅/主目的距離	1.87	1.29×10^{2}
最遠距離 (m)	3.60×10^{3}	1.12×10^{7}
最遠距離を基準とした幅 (m)	6.35×10^{2}	1.40×10^{6}
幅/最遠距離	0.170	5.65×10^{-2}
凸包面積 (m^2)	2.25×10^{6}	3.75×10^{13}
総走行距離 (km)	13.2	1.59×10^{2}
主目的地滞在時間 (分)	464	6.70×10^{7}
副目的地滞在時間 (分)	118	2.40×10^{5}

表-5 主成分分析の結果(主成分負荷量・固有値・累積寄与率)

	PC1	PC2	PC3
	移動・活動の量	移動・活動の自由度	活動の相対的重要度
目的地の個数	0.693	0.393	0.071
主目的地距離	0.405	-0.793	0.218
主目的地距離を基準とした幅	0.775	0.096	-0.183
幅/主目的距離	0.308	0.324	0.352
最遠距離	0.717	-0.606	0.244
最遠距離を基準とした幅	0.875	0.068	-0.387
幅/最遠距離	0.529	0.456	-0.477
凸包面積	0.857	-0.121	-0.270
総走行距離	0.872	-0.254	0.202
主目的地滞在時間	0.299	0.413	0.513
副目的地滞在時間	0.427	0.493	0.501
固有値	4.667	1.971	1.275
累積寄与率	42.4%	60.4%	72.0%

表-6 クラスター分析の結果

クラスター	クラスター名	トリップチェーン数	PC1 中央値	PC2 中央値	PC3 中央値	目的地個数
			移動・活動の量	移動・活動の自由度	活動の相対的重要度	
A	小範囲行動型	730	-1.706	0.202	-0.159	1.2
B	比較的小範囲・低自由度行動型	414	-1.175	-0.267	0.169	1.5
C	中範囲・比較的高自由度行動型	341	-0.869	0.513	-0.283	2.5
D	広範囲・高自由度・立ち回り行動型	578	0.169	0.896	-0.879	3.1
E	超広範囲・高自由度行動型	358	3.511	1.319	0.567	5.3
F	長距離・低自由度行動型	636	0.526	-1.584	0.699	2.4

また，**表-6** より，クラスターC, D, E は移動・活動の自由度が高く，1 トリップチェーンに含まれる目的地の数も比較的多い．これらより，クラスターC, D, E の移動パターンは複数の離れた目的地を自由に訪れ，目的地での時間を有意義に活用する傾向があることがわかる．

対して，他のクラスター（A, B, F）はトリップチェーンの縦横比が小さく複数の目的地を訪れている場合でもある目的地への経路上の地点に立ち寄った等の場合が多く，移動の自由度は低いといえる．すなわち，モニター個人の実験参加期間中の全トリップチェーンにおけるクラスターCDE の割合は，1 つのトリップチェーンで複数の目的地を自由に訪れている割合を指しており，これを多目的地トリップ割合と定義し，以下の式(2)で算出した．

$$M_i = \frac{n_c + n_d + n_e}{N} \tag{2}$$

ここで，　M_i:多目的地トリップ割合
n_c:クラスターCの数
n_d:クラスターDの数
n_e:クラスターEの数
N:トリップチェーンの総数

以上を基に移動パターンの多様度と多目的地トリップ割合を行動パターン特性指標としモニターごとに算出した．

(4) 個人属性と行動パターン特性指標の関係性

前項で算出した移動パターンの多様度および多目的地トリップ割合といった 2 輪 EV の行動パターンは，個人的な属性と関連があると考え，モニター属性と行動パターンとの相関分析および平均値の差に関する検定を行った．

表-7 スピアマンの順位相関係数

	免許取得からの年数	通学時間	通学頻度	自動車の運転頻度
移動パターンの多様度	0.210	0.075	-0.05	-0.005
多目的地トリップ割合	0.312*	-0.005	0.105	0.046

* :p<0.05 **:p<0.01 n=51(自動車の運転頻度のみ n=35)

表-8 各指標の平均値の差（有意な差が得られたもの）

平均値差異	原付・2 輪		通学手段		
	乗車経験	保有経験	公共交通機関	原付・自動 2 輪	自転車・徒歩
移動パターンの多様度					
多目的地トリップ割合		9.9%*	-11.3%*	11.0%**	

* :p<0.05 **:p<0.01 n=51

まず，免許取得からの年数・実験参加前の通学時間・大学への通学頻度・自動車の運転頻度と行動パターン特性指標との相関係数を算出した．**表-7** にスピアマンの順位相関係数を算出した結果を示す．結果より，免許取得からの年数と多目的地トリップ割合の間に有意な正の相関が見られた．

次に，原付または自動 2 輪の経験（乗車経験・保有経験）・通学手段（公共交通機関・原付等 2 輪・自転車）利用の有無の項目を対象に，平均値の差に関する t 検定を実施した．**表-8** に有意な差が得られたものの結果を示す．結果として原付・自動 2 輪の保有経験があるモニター，またこれらを通学に用いているモニターの多目的地トリップ割合が比較的高い傾向にあると判明した．一方，通学に公共交通手段を用いており，普段から道路を走行する機会の少ないと考えられるモニターは多目的トリップ割合が低い傾向にあった．また，移動パターンの多様度については有意な差は見られなかった．

以上の相関分析および平均値の差の検定より，実証実験参加前に原付・自動 2 輪の利用経験のあるモニターは多目的地トリップ割合が高い傾向にあった，つまり 1 つのトリップチェーンで複数の目的地を自由に訪れる傾向にあり，航続距離の制約があるにもかかわらず，車両を多様な目的地までの移動に利用し，使いこなしていると捉えられる．

5. 行動パターンの推移とその社会的含意

(1) 推移を確認するためのグループの設定

移動経験とともにモニターの行動パターンがどのよう

に変容したかを分析するために，3 か月間の実験参加期間のうち，1 か月ごとに行動パターン特性指標を算出した．**図-3** は縦軸に移動パターンの多様度，横軸に多目的地トリップ割合を取った散布図である．さらにそれぞれの平均値を表す線によって，平面をグループ I～IV の 4 つのグループに分割した．つまり，グループ I が移動パターンの多様度が小さく，多目的地トリップ割合も小さいグループであり，反対にグループ III は移動パターンの多様度も多目的地トリップ割合も高いグループである．

次節では，3 カ月間の利用の内，1 カ月目，2 か月目，3 カ月目に該当するグループの推移から行動パターンの推移をパネル分析により考察した．

(2) 全モニターの行動パターンの推移

3 か月間継続して実験に参加したモニターの 1 カ月目から 3 カ月までの行動の推移を表した遷移図を**図-4** とする．またモニターの都合により途中退出した者のデータは除外している．ここで矢印の大きさは推移した人数，円の大きさはグループ内の人数の大きさを示す．全体の傾向として，3 カ月の利用経験を経て過半数である 19 名のモニターがグループ III（移動パターンが多様かつ多目的地トリップ割合が高い）へと推移した．実際にアンケート調査において，グループ III のモニターからは，「大学に行く途中に他の場所に立ち寄るようになった」，「駅まで行き鉄道に乗り換えるようになった」など多様・多目的な利用が増加したとの回答が多くみられた．

また，1 カ月目から 2 カ月目の間で多くのモニターが他のグループへ推移しているが，2 カ月目から 3 カ月目にかけては行動パターンの推移数が少ないことがわかる．2 輪 EV 使用の 1 カ月目は，初めて使う 2 輪 EV への興味から様々な場所に訪れるが，2 カ月目以降ではモニターのライフスタイルに適合した使われ方にシフトしていき，行動パターンの推移数が減少すると考えられる．つまり，新しい小型モビリティとしての 2 輪 EV を受容するには 1 か月以上の期間を要することが示唆された．他方，2 カ月目から 3 カ月目にかけてグループ II からグループ III へ推移した人数は相対的に多く，多様な移動パターンを有するモニターは，更なる利用経験を経て，一度の外出で，より多くの目的地に立ち寄る行動が増加したことが示唆された．

さらに，グループ I からグループ III への直接の推移が全期間を通じてほとんど発生していなかったことを受容性の観点から考察すると，移動パターンの多様度の増加が自由度の高い行動の増加に先立つことが読み取れる．これは，移動パターンが多様化することで，道中の道路環境や沿道施設に関する知識を得て，2 輪 EV を用いた新しい移動の創造性を高めるという過程を示唆していると考えられる．

(3) 自動 2 輪未経験者の行動パターンの推移

モニターの内，過去に原付・自動2輪を保有したことがないモニターの行動パターンの推移を**図-5**として示す．

結果として未経験者は3か月目にグループI，II，IIIに概ね均等に分かれることとなった．また，2か月目にグループIに該当したモニターの大半は3カ月目もグループIにとどまり，移動パターンの多様化も見られなかった．グループIに留まった未経験者へのヒアリングからは，

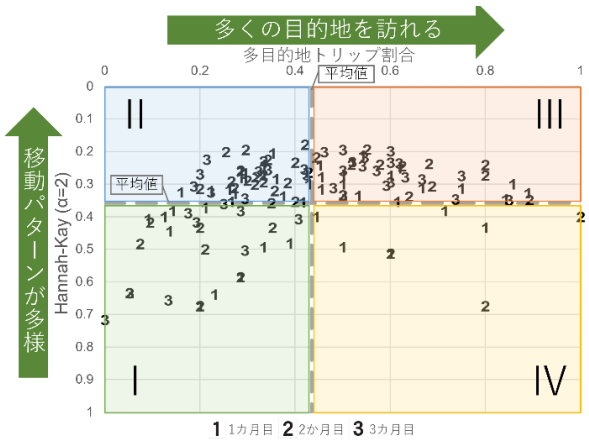

図-3 移動パターンの多様度と多目的地トリップ割合の関係

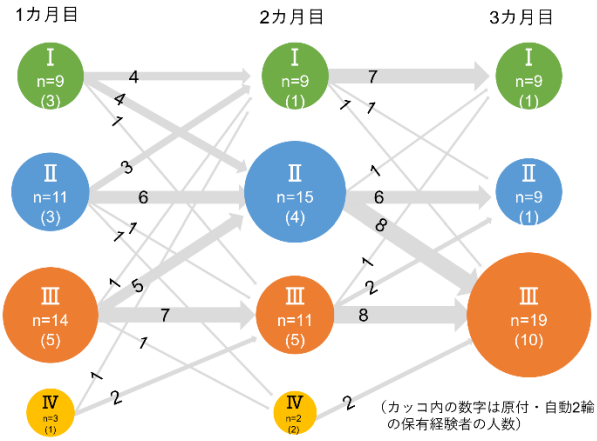

図-4 全モニターの行動パターンの推移

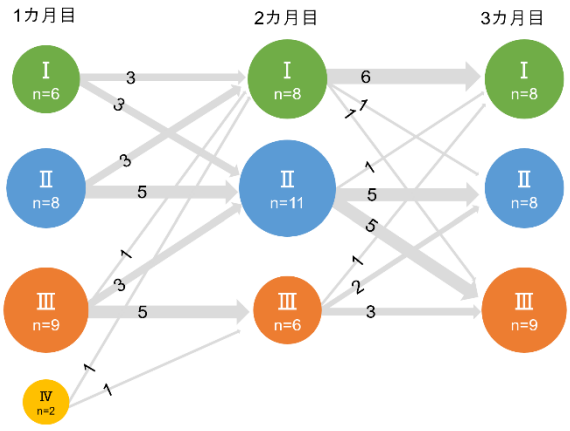

図-5 未経験者の行動パターンの推移

幹線道路での走行における安全性の懸念や二段階右折の煩わしさ，車両の押し歩きの困難さといった基本的な移動における課題が挙げられ，これらの期待を満たさない限りは多様な利用に繋がらないことが示唆された．

(4) 2輪EVの社会的含意

本節では，2輪EVが持つ社会的含意について，モニターの2輪EVに関する満足度，2輪EVがもたらす社会的影響としてモニターの生活の変化から検証した．ここでは，モニターがある程度2輪EVを受容したと考えられる実験終了時における行動パターンおよびアンケート調査で収集した意識・行動データを用いた．

a) モニターの満足度に関する考察

モニターの意識・行動データより，利用後の満足度について，「満足」を2点，「やや満足」を1点，「どちらともいえない」を0点，「やや不満」を-1点，「不満」を-2点と点数化し，グループごとの平均値を満足度とした．集計結果を**表-9**として示す．

ここから，グループⅢ（未経験者）およびグループⅡは「バッテリー交換式2輪EVは自分の生活にあっている」に関し，同値で他のグループよりも高い値となった．

また，グループⅢ（未経験者）は広い範囲を移動できるようになること，また2輪の運転を通して新たな刺激を得る事に関して比較的高い満足度を示していた．ここで，グループⅢ（経験者）はグループⅢ（未経験者）と比べて低い値をとっている項目が多いが，これは過去に使用していた原付・自動2輪の経験と比較した結果と考えられる．

加えて，2輪EVの今後の利用に関する設問について，グループⅢ（未経験者）は「電動モビリティに対する興味が増えた」「2輪EVを購入したい」の項目に「当てはまる」と回答した人が比較的多く，今後の利用に関しても比較的積極的であることがわかる．

以上の結果より，グループⅢのうち特に未経験者は2輪EVを用いた移動の体験を通じて，個人の移動に比較的満足していると考えられる．

b) 2輪EVの社会的影響に関する考察

2輪EVの社会的影響として，2輪EVの利用による消費活動や交流活動の促進を本節ではモニターの意識・行動データを用い検討した．

2輪EVの使用による生活の変化に関する質問について，「よく当てはまる」を3点「当てはまる」を2点「少し当てはまる」を1点「当てはまらない」を0点とし，グループごとの平均を算出した．結果の抜粋を**表-10**に示す．ここから，グループⅢ（未経験者）は特に近所のスーパーマーケットでの買い物の頻度が増え，近所のカフェや商業施設，遊戯施設への来訪頻度が増えたことがわかる．また，グループⅡと同様に日常の行動範囲が拡大し，これまで利用しなかった商業施設に訪れたと回答していた．

表-9 グループ別の満足度の結果（抜粋）

	バッテリー交換式2輪EVは自分の生活にあっているか	道路上をスムーズ・自由に走行できること	2輪の運転を通じ新たな刺激（風を感じる・スピードなど）を得られる
Ⅰ	0.89	1.78	1.56
Ⅱ	1.56	1.89	1.22
Ⅲ(経験者)	1.40	2.00	1.20
Ⅲ(未経験者)	1.56	1.78	1.78

表-10 グループごとの生活の変化

	人数	近所のスーパーでの買い物頻度が増えた	日常の行動範囲が拡大した（これまでは利用しなかったスーパーやカフェに訪れた）	近所のカフェや商業施設，遊戯施設への来訪頻度が増えた
Ⅰ	9	1.00	1.33	1.00
Ⅱ	9	1.00	2.22	1.43
Ⅲ(経験者)	10	0.80	1.60	1.40
Ⅲ(未経験者)	9	1.56	2.22	1.71

また，2輪EVの利用目的を問う設問では，グループⅢは経験者・未経験者とともに近所の商店への移動に用いると回答したモニターの割合が高かった．一方，グループⅡはキャンパス間の移動，学外での部活やサークル活動のための移動など，大学の活動に関連した移動に多く用いていることが明らかとなった．

加えて，グループⅢは多目的地トリップ割合が高いグループであるため，1つのトリップチェーンの間に複数の目的地を自由に訪れる傾向がある．したがってグループⅢの行動パターンでは回遊行動の創出や，それによる地域の商業施設等における売り上げへの貢献が期待できる．

さらに，a)で述べた通り2輪EVの購入意向も比較的高いことから，モビリティのメーカーにとっても需要が見込める．以上の点から，地域の商業施設における売り上げへの貢献やバイク・電動モビリティのメーカーにとってモビリティの購入が期待できるなど，社会的な影響は，グループⅢが一番高いと考えられる．

以上の点より，グループⅢは個人の満足度が高いうえで社会に正の経済的影響をもたらすことが期待でき，最も社会に与える影響が大きいといえる．したがって，未経験者を含め多様・多目的な行動パターンに変容を促すためにも，まずは利用初期の段階から移動の体験によって移動の多様度を高める方策が必要だと考察される．

6. 結論

本研究では，バッテリー交換型2輪EVを3か月に渡り貸し出す実証実験「eやんOSAKA」で収集されたデータを用い，2輪EVという電動小型モビリティでの移動パターン・行動パターンのパネル分析を行った．

まず走行履歴データからトリップチェーンを生成し，その空間的情報および時間的な情報を用い，主成分分析およびクラスター分析を行うことで，トリップチェーンを6種類に分類した．分類結果から，移動パターンの多様度と1トリップチェーン中に複数の目的地を自由に訪れる割合（多目的地トリップ割合）をモニターごとに算出した．また個人属性と行動パターンの関係を検証したところ，実証実験参加前に原付・自動2輪の保有経験のあるモニターは多目的地トリップ割合が高い傾向があることが明らかになった．

次に，2輪EVの比較的長期の利用経験を経て，個人単位での行動パターンの変容をパネル分析によって明らかにした．移動パターンの多様度・多目的地トリップ割合の大小により行動パターンを4つに分割しその推移を分析したところ，新しい小型モビリティとしての2輪EVを受容するには1か月以上の期間を要することが示唆された．また，多様な移動パターンを有するモニターは，更なる利用経験を経て，一度の外出で，より多くの目的地に立ち寄る行動が増加した．

最後に，2輪EVの社会的含意について，行動パターンの観点から考察した．多様かつ多目的な行動パターンのうち，特に未経験者においては個人の満足度が高く，社会に与える経済的影響も大きいことが示唆された．したがって，継続して経済的効果の波及が期待できるため，多様かつ多目的な行動パターンが社会に与える影響が大きいと考察された．

一方，本研究が扱った実証実験では，コンビニでのバッテリー交換が可能であり，これによってバッテリー容量による行動制限が緩和されていると考えられる．バッテリー交換に着目した分析を行うことで，生活に電動モビリティがどう受容されていくかを多面的に考察することが今後の課題である．

謝辞：本研究はJSPS科研費22K14338の助成を受けたものである．本研究で用いたデータは，バッテリー交換型2輪EV実証実験「eやんOSAKA」の下で収集された．本実験の実施者である（一社）日本自動車工業会，大阪府へ謝意を表する．また，本研究は東京大学CSIS共同研究(No.1056)による成果である．

参考文献

1) 国土交通省：超小型モビリティの成果と今後，https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001364961.pdf（アクセス：2022年3月5日）
2) 経済産業省製造産業局：多様なモビリティ普及推進会議 第2回，https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mobility/pdf/002_03_00.pdf（アクセス：2022年3月5日）
3) 李昂，安藤良輔，西堀泰英，加知範康，加藤秀樹：立ち乗り型パーソナルモビリティの受容性に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 29 巻), pp. I_599-I_605, 2012.
4) 中村俊之，西村和記，西田純二：西播磨 MaaS 実証を通じた利用者受容性に関する考察，人間工学，57 巻 Supplement 号，p. S08-2, 2021
5) 吉村朋矩：若年層を対象とした電動キックボードの走行調査および利用意向に関する研究，日本都市計画学会中部支部研究発表会論文集，No. 32, 2021.
6) 須永大介，青野貞康，松本浩和，寺村泰昭，久保田尚：大都市圏郊外部における超小型モビリティの活用可能性に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 72, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 33 巻), pp. I_641-I_651, 2016.
7) 須永大介，青野貞康，松本浩和，山崎静一郎，久保田尚：大都市圏郊外部における超小型モビリティを用いた居住地カーシェアリングの導入可能性に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 73, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 34 巻), pp. I_857-I_868, 2017.
8) 安藤章，山本俊行，森川高行：路上乗り捨て型 EV カーシェアリングが市民意識と交通行動に及ぼす影響分析―パリ市・autolib'を例として―，都市計画論文集，Vol. 48, No. 3, 2013.10
9) 竹原裕隆，藤原淳貴，氏原岳人，水柿大地，阿部典子，西山基次：中山間地域における超小型モビリティの利用パターンと導入効果に関する研究－美作市・上山地区を事例に－，交通工学論文集，5 巻 1 号, pp. 1-10, 2019.
10) 溝上章志，川島英敏，矢口忠博：高齢社会におけるパーソナルモビリティ活用による生活の質の向上，国際交通安全学会誌，Vol. 36, No. 3, 2012.
11) 溝上章志，川島英敏，大森久光，永田千鶴，野尻晋一，矢口忠博：高齢化社会においてパーソナルモビリティが QOL に与える影響に関する実証調査，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 29 巻), pp. I_141-I_153, 2012.
12) Ohba, H. and Kishimoto, T.: Analysis of trip shapes and regional difference using the people flow data, *Proceedings of International Symposium on City Planning*, 2013.
13) Tabner, I. T.: A review of concentration, diversity or entropy metrics in economics, finance, ecology and communication science, *International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, Vol. 2 (4), pp. 53-60, 2007.

(Received June 17, 2022)
(Accepted January 17, 2023)

PANEL ANALYSIS ON CHANGES IN USAGE BEHAVIOR OF ELECTRIC TWO-WHEELERS

Shotaro HIROKAWA, Kento YOH, Chun-Chen CHOU and Kenji DOI

Small electric mobility is becoming more popular due to its low environmental impact and high social inclusion potential. It increases transportation options that can be used for a variety of trip types, from short commutes to first- and last-mile connections to transit. In this study, panel analysis was conducted to analyze mobility users' changes in behavioral patterns across spatial and temporal dimensions. Data was collected through a demonstration experiment in which electric two-wheelers were rented out to participants. This study further evaluated the relationships between behavioral patterns, user attitudes, and personal attributes. The conducted analysis helped gain insights on user adoption as well as the social impacts of the emerging electric mobility services.