バッテリー交換型２輪EVの移動 およびバッテリー交換実態の基礎的分析

葉　健人[1]・周　純甄[2]・廣川　正太郎[3]・土井　健司[4]

[1]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（〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1）
E-mail: yoh.kento@civil.eng.osaka-u.ac.jp
[2]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
[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: hirokawa.shotaro@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

コロナ禍での移動ニーズの多様化，社会的な低炭素負荷の要求や近年の技術の発展に伴い，様々な移動ニーズに対応する多様な電動モビリティの開発・普及が進んでいる．自動二輪車に関しても同様に，多くの企業が電動二輪車（以降，2輪EV）を開発している．一方で，電動モビリティは内燃機関車と比較して，航続距離や充電時間の点で課題を抱えている．これを解消する手法の一つとして，充電済みのバッテリーを交換できる施設をまちに整備することが挙げられる．本研究は，大阪府の北摂地域を対象とした2輪EVのレンタルと自宅以外のまちなかでバッテリー交換ができるバッテリーシェアの仕組みを組み合わせた実証実験で得られた走行履歴，バッテリー交換履歴データを用い，バッテリー交換型２輪EVというシステムにおける，移動実態やバッテリー交換実態の基本的な特性を分析し，そのシステムの有効性を検証した．

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

1. 研究の背景・目的

近年の新型コロナウイルスの流行や活動のオンライン化が進むことにより，人々のライフスタイルは大きく変化した．その結果の一つとして，移動需要そのもの，特に公共交通の需要が大きく減少した．一方で，社会的な低炭素負荷の要求や電動技術の発展・一般化に伴い，多種多様な電動モビリティが開発・社会実装され，注目を集めている．代表的なものとして，安全性や遊戯性に重きを置いた低速走行のグリーンスローモビリティや，手軽な乗降・走行が可能なパーソナルモビリティとしての電動キックボードなどが挙げられる．このように，従来の交通において志向されていた効率性のみならず，多様な移動需要の受け皿となる車両が普及し始めている．

このような文脈あるいは世界各国の将来的な内燃機関車の販売規制に加え，昨今の原油高の影響もあり，自動二輪車に関しても電動化が図られている．大規模な車両メーカー以外にも，スタートアップなども含む多様な企業が電動二輪車（以降2輪EV）を開発し，その広がりを見せている．わが国の自動二輪全般に関して，2021年度二輪車市場動向調査[1)]によると，これまでの二輪車保有台数の推移は緩やかな減少傾向が続いているが，2020年度から2019年度にかけて新車の販売台数は，360千台から375千台へと微増し，特に原付第二種および小型二輪の保有台数は微増している．この要因として，二輪車が所謂“３密”を避けて移動できる点や，15-minutes cityが掲げるライフスタイルのように自宅近場での活動機会が増加した点が挙げられる．すなわち，今後のニューノーマル時代の更なる移動需要の多様化が見込まれる中で，2輪EVも需要も拡大するものと思われる．

しかしながら，2輪EVは，内燃機関の二輪車と比較すると満充電時の航続距離が短く，充電待ち時間を要する点で利便性が高いとは言い難い．受容性に課題があると考えられている．この課題を解決するための一つの策として，まちなかでのバッテリー交換システムが挙げられる．これは，二輪EVのバッテリーを取り外し式にすることに加え，まちなかに多数のバッテリー交換ステーションを設置する仕組みである．この下では，バッテリー

残量が減った際にまちなかの交換ステーションで，満充電のバッテリーと自身のバッテリーを交換することで，充電待ち時間が不要になるとともに，何度もバッテリーを交換することで遠くへも到達することが可能になる．実際に，わが国よりも自動二輪の普及率が高い台湾においては，この2輪EVのまちなかでのバッテリー交換の仕組みは広く普及している．

わが国においても，2021年3月29日に国内主要2輪メーカー4社で構成する電動二輪車用交換式バッテリーコンソーシアムは相互利用を可能にする交換式バッテリーとそのバッテリー交換システムの標準化に合意したと発表した．また，2022年4月には上記の4社に加え，大手エネルギー会社は，2輪EVの共通仕様バッテリーのシェアリングサービス提供およびシェアリングサービスのためのインフラ整備を目的とする新会社を設立し，まちなかでの2輪EVの交換システムの普及を進めている．

なお，この会社は，2輪EVのみならず，多様な電動モビリティをはじめとするバッテリー循環利用の仕組み「BaaS(Battery as a Service)」の構築および，BaaSプラットフォームを通じたバッテリーの2次利用，3次利用，リサイクルを通じた循環型社会の実現への貢献を目指している．すなわち，多様な電動モビリティの利便性向上，および災害時の非常電源としての利用を含む2,3次利用，さらにリサイクルによるSDGsへの貢献といった社会的な価値が大きく，バッテリーの公共財としての期待が大きい．

以上のように，まちなかでのバッテリー交換システムは，2輪EVの利便性向上以外にも多様なインパクトがあると思われる．しかしながら，わが国では自動二輪の分担率は高くなく，2輪EVの普及の黎明期であることから，は自動二輪の移動実態やバッテリー交換実態については明らかになっていない．本研究では後述するバッテリー交換型2輪EVの導入の実証実験を通じ，得られたデータを用い，基本的な実態の解明を行う．

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 (1期：3カ月を6期に渡り実施)
モニター数	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97名
貸出の条件	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

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（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（ええ）やんOSAKA」で収集されたデータを使用し，分析を行う．本実験では，大阪大学の大学生を主とするモニターに2輪EVを貸渡し，その利用実態を把握する．**表-1** に「e やん OSAKA」実証実験の概要を記載する．なお，大阪大学は，大阪府豊中市，吹田市，箕面市，茨木市といった北摂地域に存在し，このため実験のフィールドはこのエリアとなる．北摂地域は，丘陵地が多く，自動二輪のニーズが高いといえる．

大阪大学の大学生に対しモニターを募集し，1期あたり20名のモニターを採用し，それぞれ原付一種の2輪EVを3か月間貸与した．この実験を2020年9月から2022年3月に渡り計6期実施した．なお，一部のモニターへは数期に渡り車両を貸し出しているため，合計の参加モニターは97人になった点に留意する．

今回の実証実験で貸渡した車両の満充電時の一充電走行距離は，87km (30km/h 定地走行テスト値)であり，車両へのプラグインによる充電はできず，バッテリーを取り出して充電する型の車両である．また，本実験ではバッテリーの充電器を個人に貸与せず，大学のキャンパス2か所および実験に協力するコンビニ10か所の計12か所に，バッテリー交換ステーションを設け，ここでのみバッテリー交換ができるものとした．なお，交換には費用は生じない．キャンパスの交換ステージョンには3回分，コンビニの交換ステーションにはそれぞれ2回分の交換用バッテリーを配備した．実験後のモニターへ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ほとんど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交換が移動の制約になっていない．

また，この実証実験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，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．

本研究では，以上のデータを用い，基本的な移動実態およびバッテリー交換実態を把握する．

3. 基本的な移動実態およびバッテリー交換実態

前述の通り，本稿では実証実験で得られたデータを用いて移動実態およびバッテリー交換実態を分析する．ただし，関係者間の秘密情報保護の観点から，紙面へは一部の結果のみを記載し，その他の結果については，発表会の際に公表をする．

(1) トリップデータの生成

実証実験で得られる車両の走行履歴データは，車両電源がオンである際の1秒ごとの時刻，位置座標，走行速度，車載するバッテリーID，バッテリー残量が含まれている．本稿では，車両電源がオンになってからオフになるまでを１トリップとして定義し，出発・到着時刻および位置座標，走行距離を含むトリップデータを抽出した．

(2) バッテリー交換データの生成

バッテリーを交換する際には，車両の電源をオフにする必要がある．これを利用し，車両電源がオフからオンになった際のバッテリーIDを確認し，IDが変わった場合をバッテリー交換がされたものとして捉えた．

(3) 基本的な利用実態

得られたトリップデータを集計し，貸渡した20台での合計トリップ数および総走行距離を算出した．およそ，18か月に渡る実証実験で20,187トリップ，68,886kmの総走行距離，3869時間の乗車が確認された．これを月ごとに集計した結果を図-1にまとめた．

気温が低い12~2月にかけて相対的にトリップ数，走行距離が小さいことが分かる．対照的に，気温が高く，あるいは過ごしやすい気温となる7~10月にかけて両者とも大きくなっている．また，1トリップ当たりの平均走行距離も，2021年1月は4.6分，2月は4.9分であるのに対し，自動二輪の特性の一つと言える．2021年7月は14.3分，8月は14.1分とおよそ3倍になっている．これは，外と運転者の間に隔たりがない自動二輪の特性の影響結果と言える．

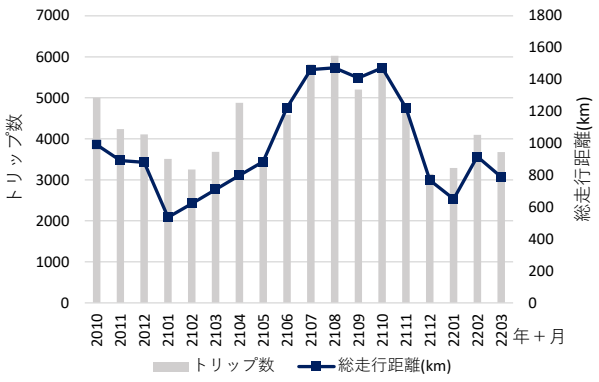

図-1　月ごとの2輪EVの移動実態

一方で，各モニターの月別の総走行距離を集計し，距離順並べ，図-2に表示した．一か月のうちにほとんど走行しなかったモニターから最大991km走行するモニターがおり，多様な使われ方が確認された．なお，各モニターの月別の総走行距離の平均値は182.8km，標準偏差は181.5km，標準偏差を平均値で割った変動係数は0.993となった．

(4) バッテリー交換実態

バッテリー交換データを基に，バッテリー交換回数をまとめると実証実験の期間中に合計2,376回のバッテリーの交換が発生した．また，交換時の残量を下記の図-3のようにまとめた．交換時のバッテリー残量の平均値は47.8%となり，これを中心に正規分布に近い形で交換時のバッテリー残量が分布している．実験後のヒアリングから，残量に関わらずステーションの近くに立ち寄った際に交換するモニターもいれば，交換回数を出来るだけ減らすためにギリギリまで使ってから交換するモニターもおり，様々な対応が見られる．一方で，スマートフォンの充電はおよそ30%程度になると充電をするということと比較すると，交換ステーション密度の影響もあるが，比較的安全側で交換を実施していることが分かる．

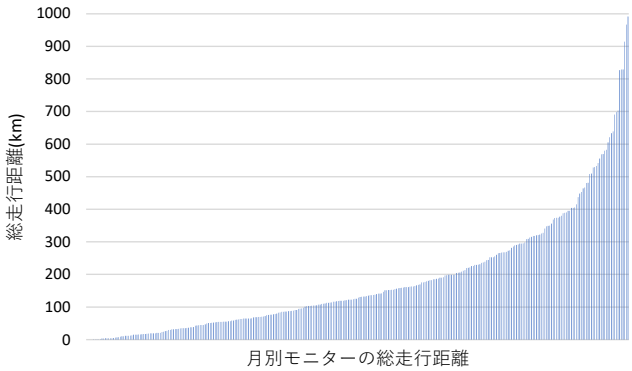

図-2　月別モニターの総走行距離の分布

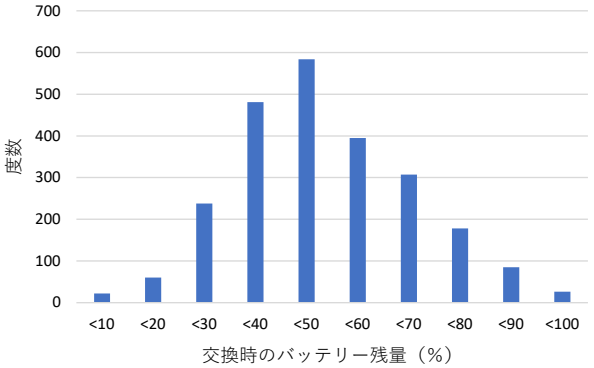

図-3　交換時のバッテリー残量

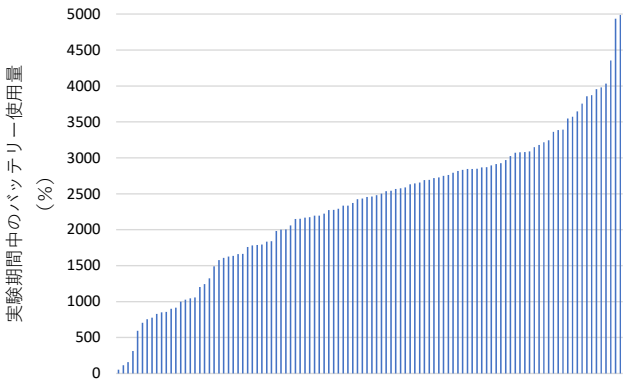

図-4　実験期間中のバッテリー毎の電力使用量

また，個々のバッテリーに着目し，各バッテリーが実験期間を通じてどの程度使用されたかを把握した．本実験では合計106個のバッテリーが導入され，交換時のバッテリー残量から交換時までの電力使用量を算出し，それを実験期間でバッテリーごとに集計した．なお，電力使用量は満充電時の電力を100%として，表記する．

期間中に最も使用量が大きかったバッテリーは4,988%の使用量があり，これは満充電49回分に相当する．一方で，最も使われていないバッテリーの電力使用量は52%にとどまった．また，全期間における各バッテリーの電力使用量の平均値は2,339%，標準偏差は1,009%，変動係数は0.431となった．加えて，各バッテリーの期間中の電力使用量を図-4に表した．

図-2と図-4を比較すると，月別モニターの総走行距離の分布は，走行距離が長くなるにつれて分布が立ち上がっているのに対し，実験期間中のバッテリー毎の電力使用量の分布は，平均値付近の1,500%から3,000%にかけて多く分布し，なだらかな傾きを示している．実際に，変動係数を比較すると月別モニターの総走行距離に比べ，実験期間中のバッテリー毎の電力使用量は小さい．すなわち，各モニターの2輪EVでの走行のばらつきよりも，交換/シェアされる各バッテリーの使用電力量のばらつきは小さい．一般的にバッテリーには寿命があり，充電回数や使用電力量が大きくなるにつれて，寿命は短くなる．ユーザーの多様な2輪EVの利用に対し，バッテリー交換の仕組み，言い換えるとバッテリーをシェアする仕組みを導入することで，各バッテリーへの負荷が平準化されることが期待される．

4．結論

本稿ではバッテリー交換型2輪EVの利用およびバッテリー交換の基本的な実態把握を行った．前述の通り，様々な制約により，本稿ではほんの一部の結果しか記載できておらず，さらなる情報については研究発表会の際に公表する点に留意されたい．

一方で，様々な社会の変容が見られる中，多様な小型電動モビリティが登場してきている．バッテリー交換型の2輪EVは，仕組みを含め，これからの新たな移動需要に対応し得るモビリティとも捉えられる．今後，社会普及方策を検討する上で，さらなる分析が望まれる．

謝辞：本研究はJSPS科研費22K14338の助成を受けたものである．本研究はバッテリー交換型2輪EV実証実験「eやんOSAKA」からのデータ提供を受けている．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．

REFERENCES

1)　日本自動車工業会：2021 年度二輪車市場動向調査