

電気バスおよび新モビリティ運用時の エネルギー消費の分析

井原 雄人¹・紙屋 雄史²

¹正会員 早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 (〒169-8050 東京都新宿区西早稲田 1-6-1)
E-mail: ihara@aoni.waseda.jp

²非会員 早稲田大学 理工学術院 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)
E-mail: kamiya@waseda.jp

運輸部門における CO₂ 排出削減手法の一つとして公共交通車両の電動化が進んでいる。しかし、これらの車両は実証試験として導入されているものが多く、運行地域ごとのエネルギー消費量は把握されていても、車種・車格ごとの把握はされていなかった。

これに対して本研究では、各種電動車両を導入した際のエネルギー消費量を定量的に把握する手法を確立することを目的に、電気バスをおよび新モビリティとして電動キックボード、超小型モビリティ、グリーンスローモビリティの 4 車種について、国内の導入事例を網羅的に調査し、現行で運行している車両については実電費を取得することで、車両総重量と電費の相関について明らかとする。

Key Words: Electric vehicle, Electric bus, Green slow mobility, Personal mobility

1. 研究の背景・目的

パリ協定における目標として、我が国の地球温暖化対策計画¹⁾では、2013 年度比で 2030 年度までに 26%、2050 年度までに 80%の CO₂ 排出削減を掲げている。

また、CO₂ 排出量の現状を部門別に見ると、運輸部門は 23.2%を占めている²⁾。運輸部門の CO₂ 排出削減に資する施策としては、EV や PHEV といった電動車両の普及促進が求められており、1 日あたりの走行距離の長い公共交通車両への導入が有効であると考えられている。

また、これらの導入による CO₂ 排出削減の予測は、車種・車格に関わらず一律のエネルギー消費率（電費）を用いて推計しているのが現状である。そのため、例えば電気バスでは小型のコミュニティバス、中型の路線バスと大型の高速バスが全て同じ電費が用いられることとなり、実態と異なる評価がされてしまっているという背景がある。

これに対して本研究では、一般的な路線バスや高速バスに使用される中・大型バスから、近年導入が始まっている新モビリティの代表例として電動キックボードまでの様々な電動車両について、車種・車格、車両総重量、電費を網羅的に調査した。また、車両総重量と電費の相関を明らかとすることで、今後の電動車両の導入時に、地域ごとの需要に合わせた CO₂ 排出量の予測手法を提案することを目的とする。

2. 調査対象とする電動車両

(1) 車両の分類

本研究で対象とする電動車両は、従来より公共交通車両として利用されているバス車両については、代表的な車格として大型・中型・小型に分類して評価した。

また、近年導入の進む新モビリティについては、20km/h 未満の低速を要件とするグリーンスローモビリティ、ラストワンマイルの狭隘な住宅街などの走行に適した超小型モビリティ、従来は人力であったキックボードを電動化した電動キックボードの 3 車種について調査対象とした。

表-1 調査対象車両³⁾⁴⁾

車種	速度	定員	車格	出力
大型バス	法定速度以下	50 人以上	全長 9m 以上	制限なし
中型バス	60km/h 以下	30 人以上 49 人以下	全長 7~9m	制限なし
小型バス	60km/h 以下	29 人以下	全長 7m 以下	制限なし
グリーンスローモビリティ	20km/h 未満	18 人以下 (現行車種)	制限なし	制限なし
超小型モビリティ (認定車)	個別制限付与	1~2 人	3.4m×1.48m ×2.0m 以下	0.6~ 8.0kW
電動キックボード (特例措置対象車)	15km/h 以下	1 人	1.4m×0.8m ×1.4m 以下	0.6kW 以下

(2) 電費情報の取得

分類した車両ごとの電費情報の取得にあたっては、開発メーカーなどが公表している電費に加えて、実際に実証試験などで走行した際の実測値の収集を行った。なお、電気バスに限っては国産メーカーより量産化されているものがなく、メーカーの公表値が公開されていないため、国土交通省による電動バス導入ガイドライン⁶⁾において公表されている値を用いることとした。

以上を踏まえて、電気バスにおいては公表値 16 件、実測値 8 件、グリーンスローモビリティにおいては公表値 7 件、実測値 12 件、超小型モビリティにおいては公表値 7 件、実測値 4 件、電動キックボードにおいては公表値 7 件、実測値 7 件の電費情報を取得した。

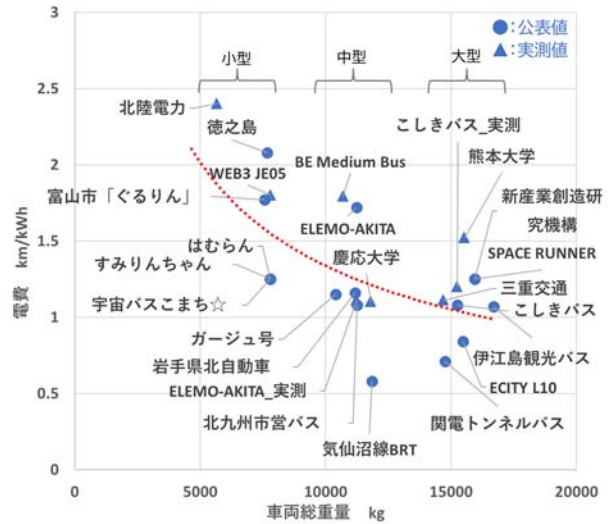


図-1 電気バスの電費と車両総重量の相関

3. 電費情報の取得結果の分析

(1) 電気バスの電費

電気バスにおいて、取得された電費と車両総重量の相関について図 1 に示す。車両総重量とは、空車の車両重量に対して乗車定員×55kg を加えた値⁷⁾である。他の車両についても同様に車両総重量を用いて評価する。

車両総重量が増加するほど移動に関わるエネルギーが増加するため電費が悪化する。大型バス（15t 前後）では電費 1km/kWh 前後の車両が多く、中型バス（10t 程度）では若干電費は改善するが同程度の車両が多い。小型バス（8t 程度）では、電費の改善度の割合は大きくなり一部の車両では電費が 2km/kWh を上回る車両もあることが分かった。

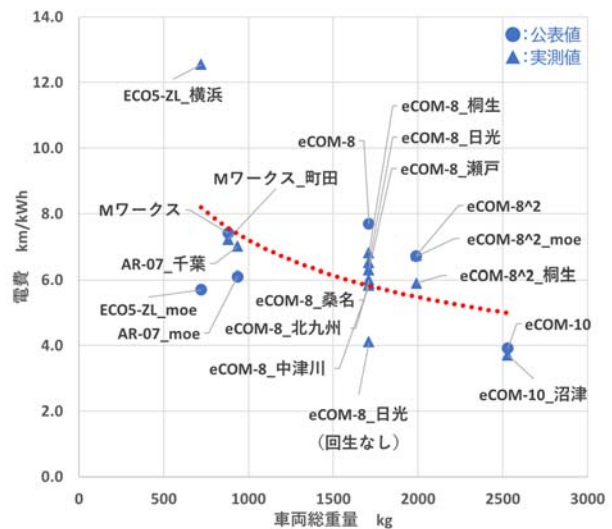


図-2 グリーンスローモビリティの電費と車両総重量の相関

(2) グリーンスローモビリティの電費

グリーンスローモビリティにおいて、取得された電費と車両総重量の相関について図 2 に示す。

車両総重量が増加するほど電費が悪化するの電気バスと同様である。

また、図中に示される日光市の事例のように実測された値を比較すると、同一車種においても、特に勾配による回生エネルギーの回収の差異により、電費が 2 倍程度変わってくる事が分かった。

(3) 超小型モビリティの電費

超小型モビリティにおいて、取得された電費と車両総重量の相関について図 3 に示す。

超小型モビリティの利用方法は定時定路線で走行する電気バスやグリーンスローモビリティと違い、利用ごとに走行距離や走行ルートが異なるため、1 日あたりの充電量と走行距離から電費を推計した。

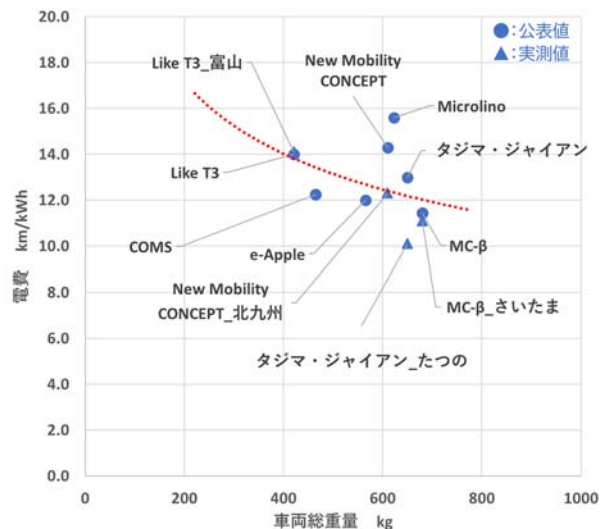


図-3 超小型モビリティの電費と車両総重量の相関

(4) 電動キックボードの電費

電動キックボードにおいて、取得された電費と車両総重量の相関について図4に示す。

電動キックボードも超小型モビリティと同様に、利用ごとに走行距離や走行ルートが異なるため、1日あたりの充電量と走行距離から電費を推計した

電動キックボードは、車両重量が軽いため乗車定員1人の55kgを加えた場合、車両総重量に対して乗員の重量が占める割合が大きくなる。そのため、同一車種においても利用者によって電費が大きく異なることが分かった。

(5) 電動車両の車両総重量と電費の相関

以上の各車両における電費情報の収集を踏まえて、全ての電動車両における電費と車両総重量の相関について分析を行った結果を図5に示す。

全ての車種を通して車両総重量が増加すると電費が悪化する傾向は同一であり、極めて高い相関が得られた。

車種ごとに傾向を見ると、車両総重量が低くなるほど同一車種内での電費の差異が大きくなる。これは前述した電動キックボードのように車両総重量に占める乗員の重量の割合が大きいことに加えて、新モビリティそのものが開発途上であり、必ずしも環境負荷に対して効率化がなされていないことが原因であると考えられる。

4. 結論

(1) 本研究により得られた知見

本研究では、電気バス24件、グリーンスローモビリティ19件、超小型モビリティ11件、電動キックボード14件

の電費情報を取得して、車両総重量との相関について分析した。

この結果、 $R^2=0.9721$ という極めて高い相関性を持つ車両総重量と電費の相関式を得ることができた。

これにより、今後の電動車両の導入を行うことを想定する地域において、地域の需要に合わせた車種・車格を選択した際に、あらかじめCO2排出削減量を予測することが可能となり、電動車両導入に対する意思決定の促進に貢献できると考えられる。

これは、近年注目されるEBPM (Evidence-based Policy Making, 証拠に基づく政策立案) に即したものであり、CO2排出削減量に対する導入コストを定量的に示すことで、他の環境施策との取捨選択において役立つと考えられる。

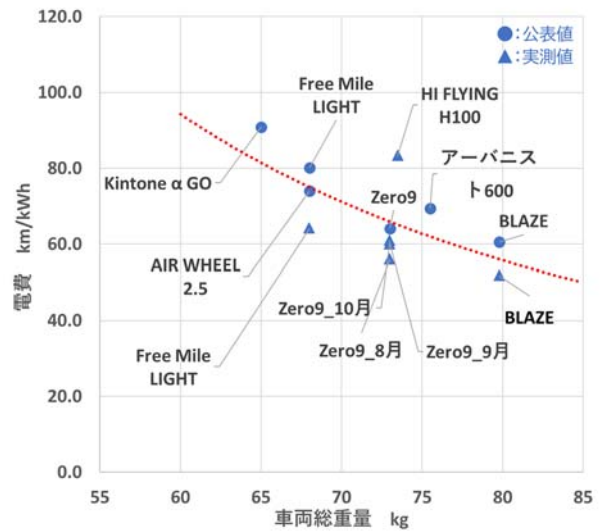


図4 電動キックボードの電費と車両総重量の相関

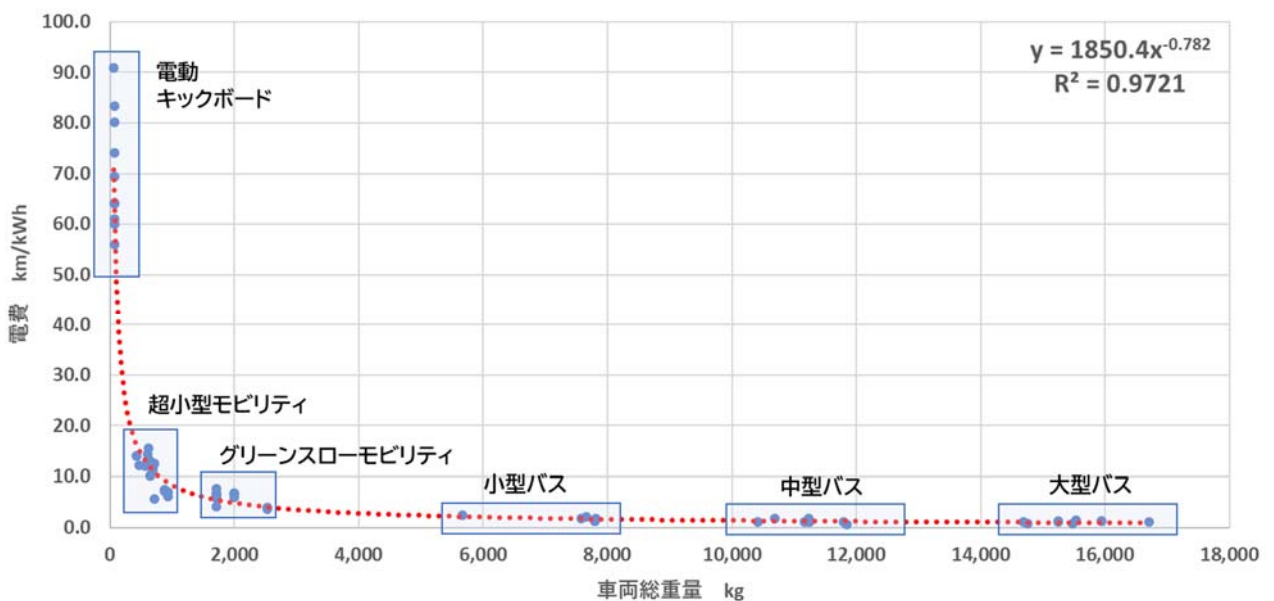


図5 電動車両全体の電費と車両総重量の相関

(2) 本研究の課題と今後の展望

本研究では、車両総重量に着目して電費との関係性を明らかとした。しかし、図 2 における日光市の事例のように同一車種による走行ではあっても、走行条件が異なった場合には、2 倍程度の差異に出ることも同時に把握されている。

この要因の一つとして電動車両特有の回生エネルギーの活用の有無が考えられる。日光市の事例を具体的にみると、走行ルート的前半が下り坂となる循環ルートであった。このため運行開始時に SOC が 100% である始発便の運行では、最初の下り坂で回生エネルギーを回収することができず、便あたりの電費が悪化した。一方で 2 便目以降は運行開始時の SOC が 100% でないため、回生エネルギーを有効に回収することが可能となり、電費が改善されたと考えられる。

このように、電動車両においては勾配を活用した回生エネルギーの活用が電費に与える影響も大きいことから、今後は勾配が電費に与える影響についても考察し、精度向上に繋がりたいと考える。

謝辞：本研究は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20201G01）により実施したものであり、関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 環境省：日本の約束草案, <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2020.html>, 2015.
- 2) 資源エネルギー庁：エネルギー白書 2021, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/html/2-1-2.html>, 2021.
- 3) 国土交通省：グリーンスローモビリティの概要, <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/content/001406001.pdf>, 2020.
- 4) 国土交通省：超小型モビリティについて, https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_frl_000043.html, 2021
- 5) 警視庁：特例電動キックボードの実証実験の実施について, <https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/doro/dendosukuta.html>, 2021
- 6) 国土交通省：電動バス導入ガイドライン, https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000036.html, 2020
- 7) 国土交通省：道路運送車両の保安基準の細目, https://www.mlit.go.jp/jidosha/kijyun/saimokukokuji/saikoku_081_00.pdf, 2021

(2021. 10. 1 受付)

Analysis of energy consumption during electric bus and new mobility operations

Yuto IHARA, Yushi KAMIYA

The electrification of vehicles is being considered as one of the means to reduce CO₂ emissions in the transportation sector. However, most of these vehicles have been introduced as demonstration tests, and although energy consumption has been identified for each operating location, the power costs for each vehicle category have not been quantitatively identified.

In contrast, this research aims to establish a method to quantitatively understand the energy consumption when various electric vehicles are introduced, and to clarify the correlation between the gross vehicle weight and the electric power cost by comprehensively surveying the introduction cases in Japan for four types of new mobility vehicles, including electric buses, electric kickboards, ultra-compact EVs, and green slow mobility, and by obtaining the actual electric power costs for vehicles that are currently in operation.