

2022 年度自転車等研究開発普及事業
事業実施報告書

一充電当たりの走行距離の観点から比較した
電動アシスト自転車と電動キックボードの違い、
及びシャーシダイナモメータを用いた
電動キックボードの一充電当たりの走行距離測定

2022 年 12 月

一般財団法人自転車産業振興協会技術研究所

目次

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | 実施背景 | 2 |
| 2 | 各車両の一充電当たりの走行距離..... | 5 |
| 2.1 | 電動アシスト自転車..... | 5 |
| 2.2 | 電動キックボード..... | 5 |
| 3 | 一充電当たりの走行距離の観点から比較した電動アシスト自転車と電動キックボードの 違い | 6 |
| 3.1 | 比較対象銘柄 | 6 |
| 3.2 | 総車体質量と電池の総電力量..... | 6 |
| 3.3 | 電池の総電力量と一充電当たりの走行距離..... | 7 |
| 3.4 | 1 km 走行当たりの消費電力量を用いた一充電当たりの最大走行距離条件での比較..... | 9 |
| 3.5 | 一充電当たりの走行距離の観点から比較した電動アシスト自転車と電動キックボード・ まとめ | 12 |
| 4 | シャーシダイナモメータを用いた電動キックボードの一充電当たりの走行距離測定 | 13 |
| 4.1 | 供試車と測定機材..... | 13 |
| 4.2 | 取扱説明書記載の走行条件の再現測定..... | 14 |
| 4.3 | 他条件での測定結果..... | 15 |
| 4.3.1 | JIS D 9115:2018 附属書 D の標準パターンと 4°登坂連続パターン | 15 |
| 4.3.2 | 走行速度や走行抵抗による違い..... | 16 |
| 4.3.3 | 実走行での走行状態のシャーシダイナモメータでの再現..... | 19 |
| 4.4 | シャーシダイナモメータを用いた電動キックボードの一充電当たりの走行距離測定・ まとめ | 22 |

1 実施背景

近年、国内外問わず自転車と自動車及び原動機付自転車との境界付近での車両の動向が目まぐるしい。道路交通法では、車両は「自動車」「原動機付自転車」「軽車両」「トロリーバス」に区分されているが、これは1949年に採択されたジュネーブ道路交通条約（日本は1964年に批准）がベースとなっている。条約では、自動車は「道路において本来人または貨物の運搬に使用されるすべての自動推進式の車両」、自転車は「自動推進式でない自転車」と定義されている。一方、附属書一の「自動車及び自転車の定義に関する追加規定」により、「総排気量 50 cm³ 以下の内燃機関を補助エンジンとして装備する自転車は、その構造において自転車の全ての本来の特性を保有する限り、自動車と認めないものとする」と規定されており、日本の道路交通法ではこのような車両が「原動機付自転車」として区分されている（原動機付自転車の起源は自転車に小型エンジンを取り付けた車両であった）。原動機付自転車と同様に、原動機（電動機）を備えた自転車である駆動補助機付自転車（以下、電動アシスト自転車という。）は、あくまで人の力を「補う」ための駆動補助機能を有する自転車であり自動推進式の車両ではないため、自転車に分類される。

冒頭で述べた、自転車と自動車及び原動機付自転車との境界付近での車両であり、近年動向が注目されている電動キックボードは、2022年11月時点では道路交通法や道路運送車両法上、原動機付自転車以上に相当する車両である¹⁾。また、「特例電動キックボード」として小型特殊自動車に位置付けられた車両²⁾により実証実験やシェアリングサービスが現在全国各地で行われている。そして、2022年4月に道路交通法の改正案³⁾が衆議院で可決され、電動キックボードは今後新たに設けられることとなる「特定小型原動機付自転車」としての運用が可能となる。公布日が2022年4月27日であり、公布日から2年以内の政令で定める日に施行される。改正道路交通法施行後の車両区分を表1に、特例電動キックボードや特定小型原動機付自転車について2022年12月時点で公表されている概要を表2にまとめた。比較のために普通自転車についての概要も併記した。なお、特定小型原動機付自転車は本稿執筆時点では保安基準や試験方法の詳細が確定していないが、保安基準の内容を満たせばキックボードの形状でなくてもよいと思われるため、今後、例えば外観が電動アシスト自転車の車両で、最高速度 20 km/h で自走可能な車両においても特定小型原動機付自転車での運用が可能になるかもしれない。

表1、表2からもわかるように、特定小型原動機付自転車や特例電動キックボードについては、区分上は原動機付自転車や自動車であるにもかかわらず、自転車に近い使われ方が想定されている。その点で、当所にも試験相談や技術相談が少なからず寄せられるため、これまでも自転車関連の試験機器などを活用した EN 17128:2020 (Light motorized vehicles for the transportation of persons and goods and related facilities and not subject to type-approval for on - road use - Personal light electric vehicles (PLEV) - Requirements and test methods) の検証⁴⁾や加速度測定の予備調査⁵⁾などを研究・報告してきた。

2022年度は、主として一充電当たりの走行距離について取り上げた。一充電当たりの走

行距離は、一般には消費者が商品を選択する際の指標として用いる、車両の商品性に関わる情報である。電動アシスト自転車の場合には電池が切れてもペダルを漕ぐことで走行可能である一方、電動キックボードの場合にはキックして走行する状況以外は電動機の出力のみで自走する車両であるため、電池が切れると駆動しなくなる。そのため、走行中に電池切れによる急減速や急停止などの状態になった際は、使用時の消費者の安全性にも少なからず影響すると考えられ、電動アシスト自転車以上に重要な指標であると考えられる。

本報告では、一充電当たりの走行距離の観点から、電動アシスト自転車と電動キックボードの違いについて調査し、加えて当所所有の電動アシスト自転車用シャーシダイナモメータ（以下、シャーシダイナモメータという）を用いて電動キックボードの一充電当たりの走行距離の測定方法について研究を行った。

表 1 道路交通法、及び道路交通法施行規則上の車両区分

| 原動機 | 車両 | | 原動機の上限、車体の大きさなど |
|-----------------|-----|---|---|
| 原動機付 | 自動車 | 大型自動車 中型自動車 準中型自動車 普通自動車 大型特殊自動車 大型自動二輪車 普通自動二輪車 小型特殊自動車 | 内閣府令（道路交通法施行規則第二条）で定める車体の大きさ及び構造並びに原動機大きさを基準として各車両に区分される |
| | | 一般原動機付自転車 | 道路交通法施行規則第一条の二 二輪のもの及び内閣総理大臣が指定する三輪以上のものにあつては、総排気量については 0.050 リットル、定格出力については 0.60 キロワットとし、その他のものにあつては、総排気量については 0.020 リットル、定格出力については 0.25 キロワットとする。 |
| 原動機付 (電動機のみ) | 自転車 | 特定小型原動機付自転車 | 車体の大きさ及び構造が自転車道における他の車両の通行を妨げるおそれのないものであり、かつ、その運転に関し高い技能を要しないものである車として内閣府令で定める基準に該当するもの |
| | | 駆動補助機付自転車 | 道路交通法施行規則第一条の三 人の力に対する原動機を用いて人の力を補う力の比率最大 1:2（三輪又は四輪の自転車で牽引されるための装置を有するリヤカーを牽引するものを走行させることとなる場合は最大 1:3） 24 km/h 以上の速度で自転車を走行させることとなる場合において、原動機を用いて人の力を補う力が加わらない |
| 原動機無 | 軽車両 | 一般用自転車、マウンテンバイク、レーシング車、幼児二人同乗用自転車、三輪以上の自転車など | 荷車その他人若しくは動物の力により、又は他の車両に牽引され、かつ、レールによらないで運転する車（そり及び牛馬を含む。） |
| 原動機付 (電動機のみ) | | | 原動機を用い、かつ、レール又は架線によらないで運転する車で、車体の大きさ及び構造を勘案して上記の軽車両に準ずるものとして内閣府令（道路交通法施行規則第一条の二の二）で定めるもの |

※下線：改正後に変更・追加される箇所

表 2 特例電動キックボードや特定小型原動機付自転車
2022年12月時点で公表されている概要^{2)、3)、6)、7)}

| 項目 | 特例電動キックボード | 特定小型原動機付自転車 | 普通自転車 |
|--------------|-----------------------------------|---|--|
| 区分 | 小型特殊自動車 | 原動機付自転車 | 軽車両 |
| 最高速度 | 15 km/h | 20 km/h | 道路標識等で最高速度が指定されている場合は、その指定最高速度 |
| 車体の大きさ | 長さ140 cm、幅80 cm、高さ140 cmを超えない | 長さ190 cm、幅60 cm以内 | 長さ190 cm、幅60 cm以内 |
| 公道走行に必要な運転免許 | 必要(小型特殊自動車を運転できる免許) | 運転免許不要、ただし16歳未満のものについては運転禁止 | 不要 |
| 通行場所 | 認定新事業活動計画に記載された当該新事業活動を実施する区域内の道路 | 車道 | 車道 |
| | 自転車道 | 自転車道 | 自転車道 |
| | 普通自転車専用通行帯 | 普通自転車専用通行帯 | 普通自転車専用通行帯 |
| | 歩道走行は認められない。(押し歩きは歩行者とみなされるため可) | 最高速度の制御(6 km/h)とそれに連動する表示をした場合には、例外的に歩道(自転車通行可の歩道のみ)等の通行可 | 歩道(道路交通法第六十三条の四に該当する場合) |
| ヘルメット | 任意(着用を推奨) | 着用は努力義務 | 着用に努める(2022年4月27日公布の道路交通法一部改正により、2023年4月より着用努力義務となる) |

2 各車両の一充電当たりの走行距離

2.1 電動アシスト自転車

電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離については、JIS D 9115:2018（電動アシスト自転車）附属書 D に測定方法が規定されている（なお、一充電当たりの走行距離は「電動アシスト自転車に装備する組電池を附属の充電器によって満充電にして、これを電動アシスト自転車に用いてシャーシダイナモメータ上で駆動したとき、駆動補助機能が持続して走行できる距離」と JIS D 9115:2018 で定義されている）。具体的には、平坦路合計 2 km、勾配 4° の上り坂 1 km、及び下り坂 1 km を含む「標準パターン」と、勾配 4° の上り坂のみの「4° 登坂連続パターン」の各走行パターンをシャーシダイナモメータで再現し、体重 65 kg の乗員が実際にペダルを漕いで走行した際の消費電池容量や消費電力量を測定する方法である。業界基準である（一社）自転車協会の電動アシスト自転車安全基準においても JIS D 9115:2018 の測定方法が引用されており（もともとは電動アシスト自転車安全基準で規定していたものを JIS に反映した経緯がある）、BAA マークを取得している電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離は、この統一された試験方法にて測定し、取扱説明書などに表示されている。

標準パターンは、実際に街中などを走行した際の電池の消費を想定した走行パターンであり、これまでの実績からも実使用時の走行距離に近い距離が測定可能である。4° 登坂連続パターンは、電池消費の大きな状況での連続走行を想定している。例として、総車体質量が 25 kg の場合、駆動出力が約 186 W 必要となるなど、電動機が高出力の状態を維持して走行することから、一充電当たりの走行距離の最小値を示している一面があるといえる。

一方、BAA マークを取得していない一部の銘柄では、各社独自基準に基づく一充電当たりの走行距離を表示している製品も販売されているが、この場合は実使用において妥当な一充電当たりの走行距離であるかどうかは不明である。

2.2 電動キックボード

現在市販されている電動キックボードの取扱説明書や販売各社のホームページ上では「航続距離」や「走行（可能）距離」の最大値や範囲が記載されていることがほとんどであった。「航続距離」という用語は JIS W 0106:1995（航空用語（航空機一般））で「航空機がその搭載燃料によって飛行を持続できる距離」と定義されているのみであり、電動キックボードでの用語使用がふさわしいかどうか判断できないため、本報告ではこれらの用語に代えて電動アシスト自転車と同じく「一充電当たりの走行距離」と呼ぶこととした。一部企業の取扱説明書などでは一充電当たりの走行距離の測定方法が示されているものの、多くの企業・銘柄では記載されていなかった。そのため、実用上妥当な一充電当たりの走行距離が表示されているとは限らない。

なお、一充電当たりの走行距離に関する規格ではないが、IEC/TC125（e-Transporters）にて、IEC 63281-2-1（Personal e-Transporters – Part 2-1: Test method for total run time of e-scooter

with consideration to environmental conditions of actual use [パーソナル e-トランスポート - Part 2-1: 実使用時の環境条件を考慮した e スクーターの総走行時間試験方法]) が現在開発途中である。まだ開発段階のため、詳細な内容については本報告では触れないが、高温、低温などの環境条件で規定の台上を走行させ、満充電状態から駆動が終止するまでの電動キックボードの総走行時間を測定する試験方法を規定している。

3 一充電当たりの走行距離の観点から比較した電動アシスト自転車と電動キックボードの違い

3.1 比較対象銘柄

電動アシスト自転車と電動キックボードの仕様について、2022 年 9 月時点で公表されている各社製品のホームページを調査し、主に一充電当たりの走行距離の観点から比較した。電動アシスト自転車は 2022 年 9 月 1 日時点の価格.com 人気売れ筋ランキング上位で、JIS D 9115:2018、または電動アシスト自転車安全基準による一充電当たりの走行距離が記載されている 3 社 33 銘柄、電動キックボードはインターネット上で仕様が確認できた 11 社 21 銘柄を対象とした。

3.2 総車体質量と電池の総電力量

電動アシスト自転車と電動キックボードの総車体質量と電池の総電力量（各社仕様で示されている定格容量と定格電圧の積とした）の関係を図 1 に示す。単純に電池の総電力量を増やすためには組電池内部の単電池の数を増やす必要があり、必然的に組電池の質量が大きくなるため、総車体質量と総電力量については比例的な相関があると考えられる。

まず、電動アシスト自転車については、図 1 のプロットでは総車体質量と総電力量に明確な比例関係は見られなかった。使用用途（街乗り、スポーツ、幼児二人同乗用など）、フレーム構造やサイズ、フレーム材質などで製品ごとに違いがあり、総車体質量に対する組電池の質量の割合が小さいことが、相関の弱さに影響していると考えられる。

一方、電動キックボードについては、電動アシスト自転車と比較し、総車体質量と総電力量に比例的な相関が見られた。今回調査した車両では、各車両で概ね似たような構造であること、車輪やフレームなど、組電池以外の主要構成部品の質量が電動アシスト自転車と比較すると小さい点などが、総電力量と総車体質量の相関を強める一因であると考えられる。今回調査した銘柄では、電動キックボードの総車体質量の平均は電動アシスト自転車の総車体質量の平均と比較し 10 kg ほど軽量であった（電動アシスト自転車 33 銘柄の平均 25.2 kg、電動キックボード 21 銘柄の平均 15.1 kg）。20 kg を超える電動アシスト自転車と比較し、20 kg に満たない電動キックボードは持ち運ぶことが可能であり、総車体質量の点だけでも明らかに想定される用途が異なる車両であることがわかる。

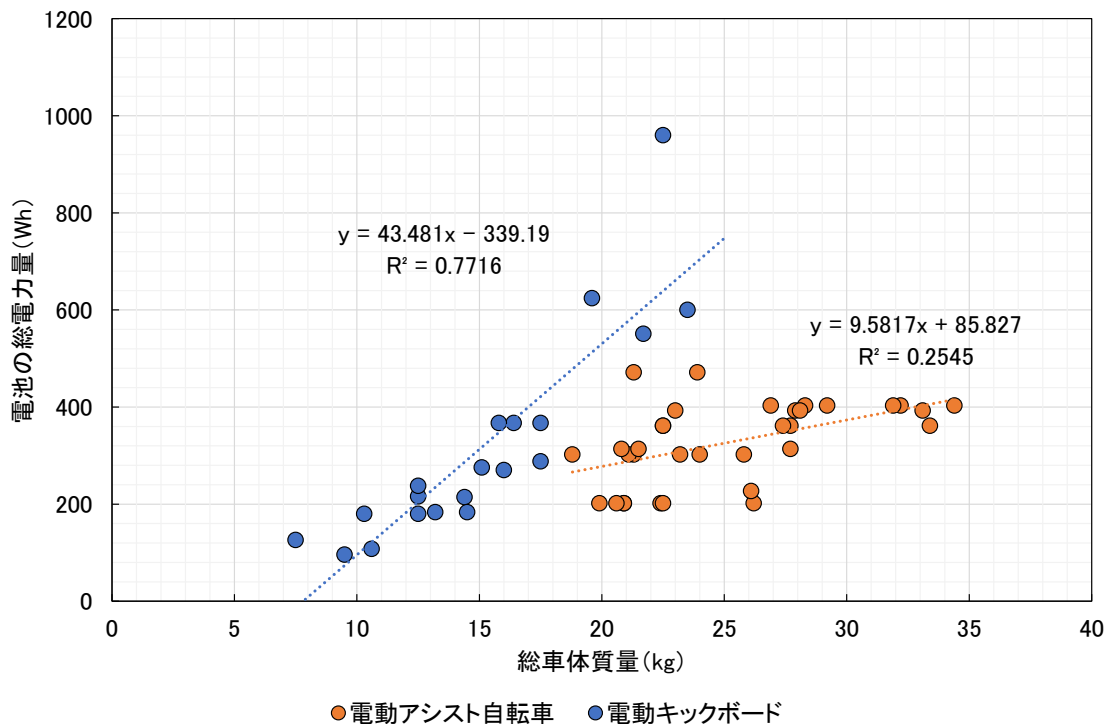


図 1 総車体質量と電池の総電力量の関係

3.3 電池の総電力量と一充電当たりの走行距離

電動アシスト自転車及び電動キックボードの、電池の総電力量と一充電当たりの走行距離の関係をそれぞれ図 2、及び図 3 に示す。単純に考えると、電池の総電力量が増えるに従い、一充電当たりの走行距離は比例的に増える。今回調査対象とした電動アシスト自転車では、全ての走行モードにおける標準パターンと 4° 登坂連続パターンの一充電当たりの走行距離が記載されていた。最もアシスト力が強くなる走行モードを強モード、中間の走行モードを中モード、アシスト力が弱くなる走行モードを弱モードとし、それぞれの一充電当たりの走行距離をプロットした。この 3 モードに加え、弱モード以下の走行モードや中モード以外にオートマチックモードがあるものについては、他の車両との比較が難しいため除外した。電動キックボードについては、複数の走行モードを有する車両においても、走行モード別ではなく一充電当たりの「最大走行距離」や範囲で示されていることがほとんどであった。範囲で示している場合はその範囲の最大走行距離を採用した。そのため、電動キックボードについてはほぼ全て「一充電当たりの最大走行距離」でのプロットである。

図 2、及び図 3 より、電動アシスト自転車について、標準パターン、4° 登坂連続パターンともに電池の総電力量の増加に従い、一充電当たりの走行距離は伸びる比例的な傾向にあったが、その相関については、各走行モードで違いが見られた。強モードで最も比例的な相関が強く、弱モードで最も比例的な相関が弱くなった。理由として、強モードでは道路交通法で制限されるアシスト力の上限付近に制御している銘柄が多いと考えられ、弱モード

ではアシスト力を優先するか、一充電当たりの走行距離を優先するかのバランスが各社で異なることが影響していると考えられる。なお、一充電当たりの走行距離が長くなる回生充電機能を有する電動アシスト自転車も含めた結果となっている。

一方、電動キックボードの一充電当たりの走行距離については、総電力量との相関はそれほど強くないものの、おおむね比例関係であった。多くの銘柄で一充電当たりの走行距離の測定方法が不明であり、統一された条件ではないものをプロットしたことが影響していると考えられる。

電動アシスト自転車と同程度の電池の総電力量では、電動キックボードの一充電当たりの走行距離は電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離・標準パターンよりも短い傾向があった。電動アシスト自転車では、人力が駆動力の一部を担っている一方、電動キックボードでは駆動力の全てが電動機による出力によることが主な要因と考えられる。また電動キックボードの一充電当たりの走行距離は電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離・⁴登坂連続パターンよりも長い傾向があった。

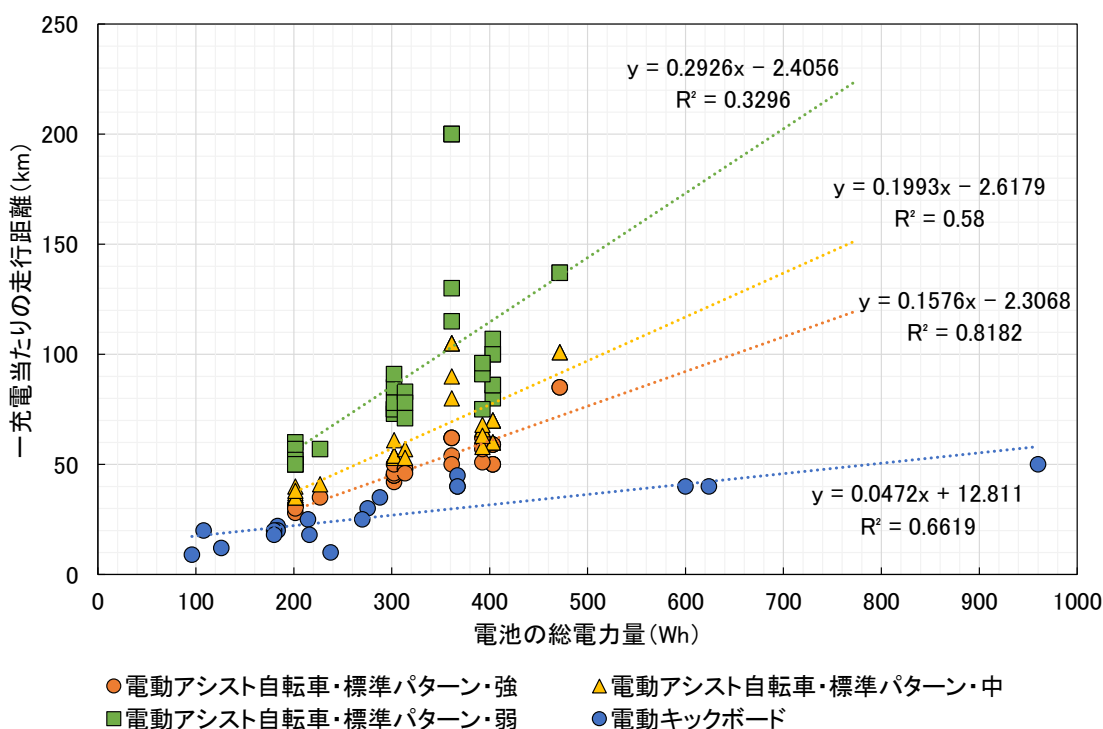


図 2 電池の総電力量と一充電当たりの走行距離（標準パターン）の関係

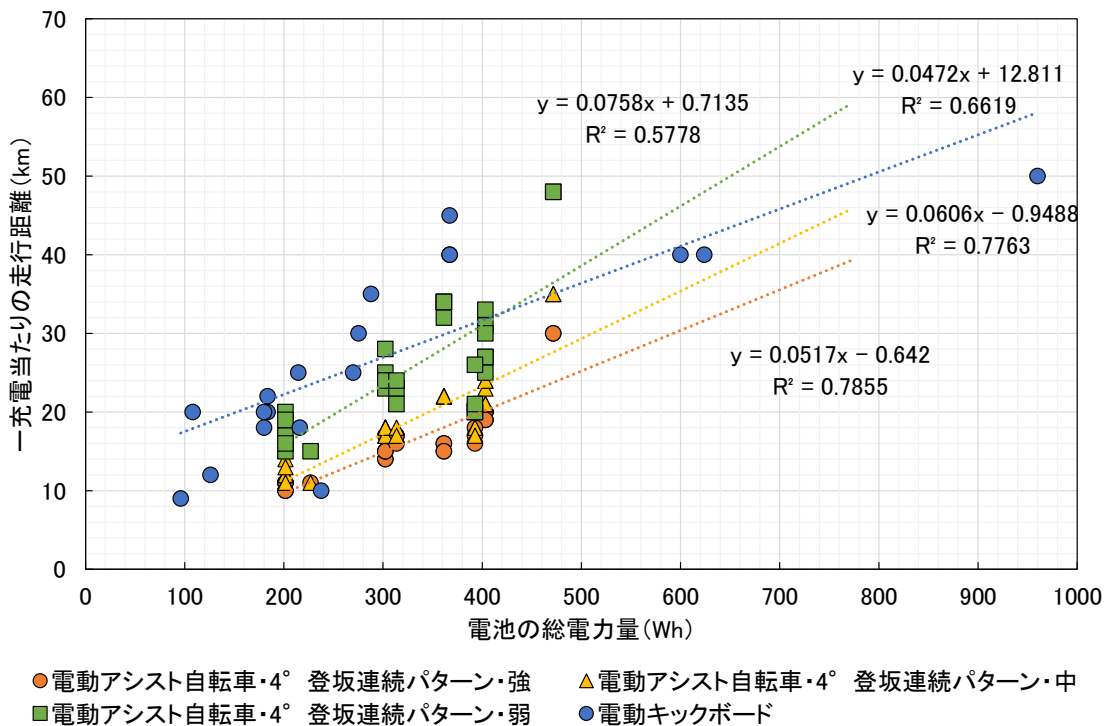


図 3 電池の総電力量と一充電当たりの走行距離（4° 登坂連続パターン）の関係

3.4 1 km 走行当たりの消費電力量を用いた一充電当たりの最大走行距離条件での比較

3.2 及び 3.3 では総車両質量、電池の総電力量、一充電当たりの走行距離の傾向を見てきたが、実用的な走行距離を想定した電動アシスト自転車の標準パターン、及び最小の走行距離を想定した 4° 登坂連続パターンと、電動キックボードの一充電当たりの最大走行距離ではそもそもの想定が異なる。そこで、各車両で「一充電当たりの最大走行距離」相当となる条件で比較することとした。比較方法として、電動アシスト自転車で電池の消費量が少ない標準パターン中の平坦路・走行速度 15 km/h、最大の変速段状態での 1 km 走行当たりの消費電力量を見積もり、電動キックボードで電池の消費量が最も少ない一充電当たりの最大走行距離条件での 1 km 走行当たりの消費電力量との比較を行った。

電動アシスト自転車の 1 km 走行当たりの消費電力量については、以下の計算式にて算出した。

平坦路・15km/h・最大の変速段の 1km/h 走行当たりの消費電力量

$$= \frac{4 \times (\text{標準パターンの 1 km 走行当たりの消費電力量}) - (4^\circ \text{ 登坂連続パターンの 1 km 走行当たりの消費電力量})}{2}$$

各条件(標準パターン、4° 登坂連続パターン、各社条件)での一充電当たりの走行距離条件の 1 km 走行当たりの消費電力量

電池の総電力量 (Wh)

= $\frac{\text{電池の総電力量 (Wh)}}{\text{各条件での一充電当たりの走行距離 (km)}}$

総車体質量に対する、電動アシスト自転車の各走行モードでの平たん路・走行速度 15 km/h、最大の変速段状態、及び参考として 4° 登坂連続パターン (4° 勾配・走行速度 10 km/h・中間の変速段) での 1 km 走行当たりの消費電力量と、電動キックボードの一充電当たりの走行距離から計算した 1 km 走行当たりの消費電力量を図 4 から図 6 に、各車両・各走行条件での平均値を表 3 にまとめた。なお、電動アシスト自転車のうち、回生充電機能のあるものについては平たん路走行のみの見積もりが困難であるため除外した。

図 4 から図 6 で見られた 1 km 走行当たりの消費電力量の傾向について、電動アシスト自転車の平たん路・15 km/h・最大の変速段での走行では、いずれの走行モードにおいても電動キックボードより小さく、4° 勾配・10 km/h・中間の変速段での走行では概ね電動キックボードよりも大きかった。表 3 より、平たん路・15 km/h・最大の変速段での走行平均値では電動キックボードの 12% から 33% 程度であった。言い換えると同容量の組電池を使用した場合、最大走行距離となる平たん路の連続走行では電動アシスト自転車の方が 3 倍以上長く走行することができるといえる。電動キックボードは短距離用途、電動アシスト自転車は中距離用途向きであることがこの傾向からわかる。

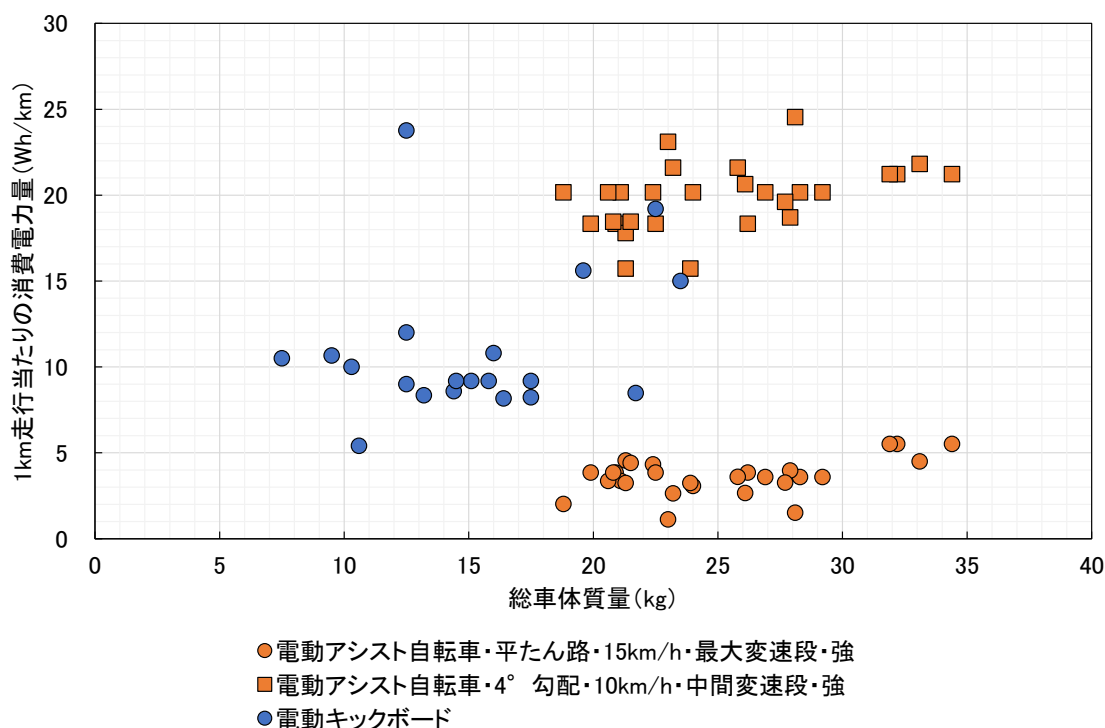


図 4 1 km 走行当たりの消費電力量 (電動アシスト自転車・強モード)

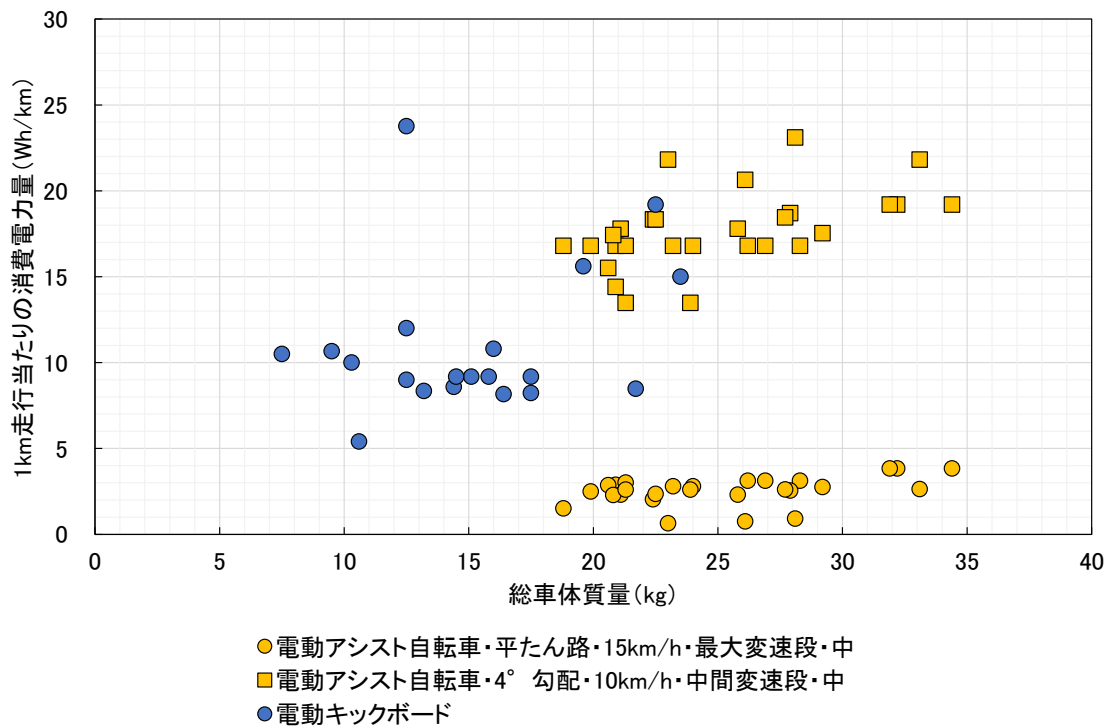


図 5 1 km 走行当たりの消費電力量 (電動アシスト自転車・中モード)

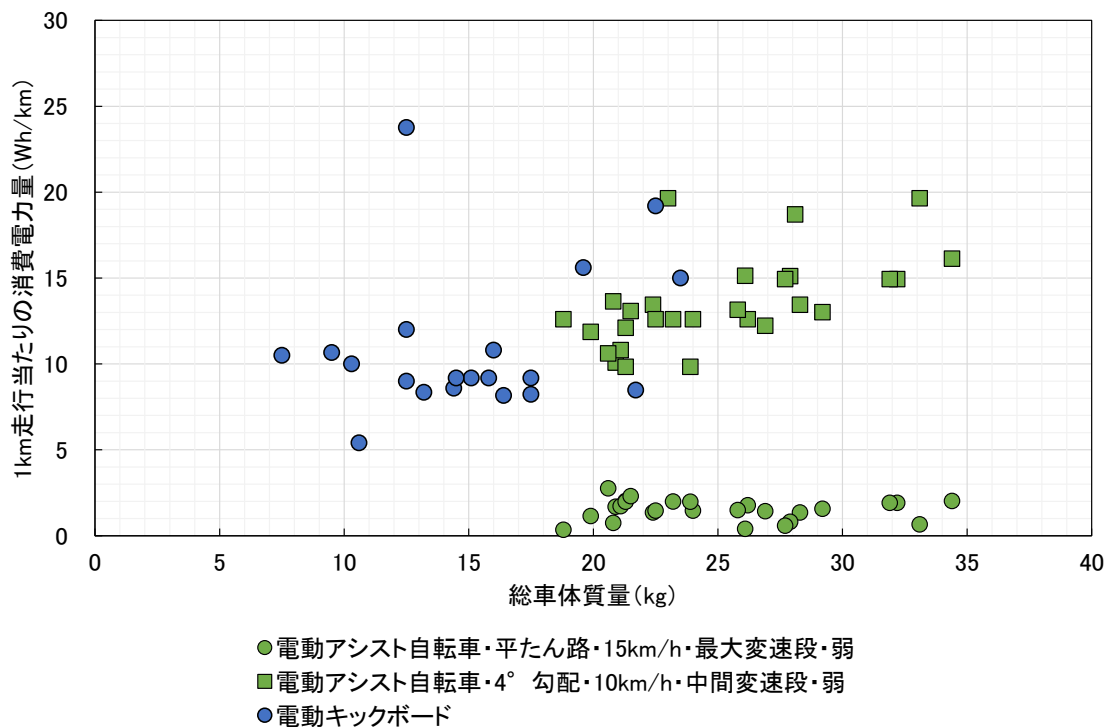


図 6 1 km 走行当たりの消費電力量 (電動アシスト自転車・弱モード)

表 3 各車両・各走行条件での 1km 走行当たりの消費電力量の平均値

| 車両 | 条件 | 1km 走行当たりの消費電力量 平均値 (Wh/km) |
|-----------|---------------------------|-----------------------------|
| 電動アシスト自転車 | 強モード・平たん路・15 km/h・最大の変速段 | 3.62 |
| | 中モード・平たん路・15 km/h・最大の変速段 | 2.55 |
| | 弱モード・平たん路・15 km/h・最大の変速段 | 1.30 |
| | 強モード・4° 登坂・10 km/h・中間の変速段 | 19.86 |
| | 中モード・4° 登坂・10 km/h・中間の変速段 | 17.76 |
| | 弱モード・4° 登坂・10 km/h・中間の変速段 | 13.54 |
| 電動キックボード | 最大走行距離となる各社条件 | 11.02 |

3.5 一充電当たりの走行距離の観点から比較した電動アシスト自転車と電動キックボード・まとめ

今回調査した電動アシスト自転車と電動キックボードにおいて、公表されている仕様からわかる電動アシスト自転車と電動キックボードの違いを以下にまとめる。

- 電動キックボードは総車体質量と電池の総電力量に概ね比例的な相関があったが、電動アシスト自転車では電動キックボードほど強い相関はなかった。電動キックボードは全ての銘柄で同じような構造であり、総車体質量における組電池の質量割合が電動アシスト自転車より高いが、電動アシスト自転車は使用用途に応じて様々な仕様・構造のものがある、あるいは総車体質量における電池の質量割合が小さいことなどが要因と考えられる。
- 総車体質量は電動キックボードの方が平均 10 kg 程度軽かった。電動キックボードは持ち運ぶ用途が想定されていることが、総車体質量の違いからも明確である。
- 電池の総電力量と電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離、及び電動キックボードの一充電当たりの最大走行距離は概ね比例的な相関があった。
- 電動アシスト自転車と同程度の電池の総電力量では、電動キックボードの一充電当たりの最大走行距離は電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離・標準パターンよりも短い傾向があり、4°登坂連続パターンよりも長い傾向があった。
- 電動アシスト自転車の一充電当たりの最大走行距離を想定した平たん路走行と、電動キックボードの一充電当たりの最大走行距離を 1 km 走行当たりの消費電力量で比較した結果、電動アシスト自転車平均は電動キックボード平均の約 33 %以下であり、同容量の組電池を使用した場合、平たん路の連続走行では電動アシスト自転車の方が 3 倍以上長く走行できると考えられる。電動キックボードは短距離用途、電動アシスト自転車は中距離用途であることがこの傾向からわかる。

4 シャーシダイナモメータを用いた電動キックボードの一充電当たりの走行距離測定

4.1 供試車と測定機材

供試車として、市販されている電動キックボード1台を用いた。供試車の主な仕様（一部の仕様については販売店による情報や取扱説明書記載の内容、製品ホームページで公表されている値などを抜粋）を表4にまとめた。試買テストを目的としていないため、具体的な製品名は公表しない。

表4 供試車の主な仕様（取扱説明書等に記載されている内容）

| | |
|--|---------------------------------------|
| 寸法(長さ×幅×高さ)(mm) | 1090×420×1120 |
| 車輪径(前/後)(インチ) | 9/9 |
| ブレーキ(前/後) | 電気式ブレーキ/フットブレーキ (泥除けと車輪の摩擦によるブレーキ) |
| 車両質量(kg) | 13.5 |
| 最大許容質量(kg) | 100 |
| 電動機による駆動輪 | 前輪 |
| 最高速度(km/h) | 20 |
| 一充電当たりの最大走行距離(km) [フルパワー、75kgの乗員、25℃、舗装路で平均速度は最高速度の60%] | 22 |
| 最大登坂角度(%) | 15(8.53度) |
| 走行可能な地形 | 平たんな舗装路、1cm未満の障害物、3cm未満の隙間 |
| 定格電圧(V) | 36 |
| 定格容量(Ah) | 5.1 |
| 電動機の定格出力(W) | 300 |
| 認証 | ANSI/CAN/UL 2272 |

なお、本車両については組電池と制御部が一体となっており、電池消費量の測定には改造が必要であったため、組電池～制御部間の電圧、電流は測定していない。測定機材については、電動キックボードを取り付けるためのアタッチメントを搭載したシャーシダイナモメータを使用した。

4.2 取扱説明書記載の走行条件の再現測定

シャーシダイナモメータにて、取扱説明書の走行条件を再現し、製造業者が示している一充電当たりの走行距離が再現できるかを調べた。

シャーシダイナモメータでの試験は、以下の測定条件で実施した。

- a) 電池が満充電の状態となってから1時間以上放置・冷却した車両を使用した。
- b) 乗員の代わりにデッキ中央に75 kgのおもりを載せ、等価慣性質量はJIS D 9115:2018の表D.1に従い、 $13.5 \text{ kg} + 75 \text{ kg} = 88.5 \text{ kg} \Rightarrow 87.5 \text{ kg}$ に設定した。
- c) 室温は $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ となるように空調を制御した。
- d) ローラで負荷する走行抵抗については、非駆動輪の転がり抵抗、空気抵抗、及び勾配抵抗の和とした。非駆動輪の転がり抵抗については、デッキ中央に75 kgのおもりを積載した状態で非駆動輪をローラ上に設置し、5 km/h から30 km/h まで5 km/h 毎の速度で、非駆動輪をローラで回転させた時に発生する抵抗を、シャーシダイナモメータのローラを用いたトルク法にて測定し、速度の二次関数にて回帰した（非駆動輪の転がり抵抗 = $-0.00276V^2 + 0.191V + 7.628$ ）。空気抵抗と勾配抵抗についてはJIS D 9115:2018の式(D.1)を用い、それぞれ $0.027V^2$ 、 $9.8 \times 87.5 \times \sin\theta$ とした。
- e) 走行速度は電動キックボードのスロットルを手動で操作し目標速度で走行するように調整した。オートクルーズモードが使用可能である場合はその機能を使用し、使用不可能である場合は、目標速度となってからスロットルをジグにて固定し速度を維持した。減速が必要な場合は駆動輪のブレーキを操作した。電気式ブレーキであるため回生機能があるが、回生モードは最も弱いモードとした。
- f) 駆動開始から電池切れによる駆動終止となるまでの走行速度や駆動力、走行距離などのパラメータを、シャーシダイナモメータのロガー機能(測定周波数10 Hz)にて測定した。
- g) 平均駆動力については、ローラで負荷するd)の走行抵抗に加え、駆動による加速の際の慣性力も含めた測定中全区間の駆動力の平均を算出した値とした。
- h) 平均駆動出力については、全区間での平均速度と平均駆動力の積をW〔ワット〕に単位変換した値とした。
- i) 1 km 走行当たりの消費電力量については電池の総電力量を駆動終止までの走行距離で除した値とした。

まず、取扱説明書記載の走行条件「フルパワー、75 kgの乗員、 25°C 、舗装路で平均速度は最高速度の60%」での製造業者表示の一充電当たりの最大走行距離がシャーシダイナモメータで再現できるのかを調べた。走行速度は最高速度の60%である12 km/hを維持して測定を行った。測定結果を表5に示す。

表 5 取扱説明書記載の走行条件での測定結果

| 項目 | 取扱説明書記載の 走行条件 |
|-----------------------------|------------------|
| 平均速度(km/h) | 12.0 |
| 平均駆動力(N) | 13.4 |
| 平均駆動出力(W) | 44.7 |
| 走行開始から駆動終止までの時間(s) | 6490.6 |
| 駆動終止までの走行距離(km) | 21.7 |
| 1 km 走行当たりの消費電力量 (Wh/km) | 8.5 |

表 5 より、取扱説明書記載の一充電当たりの最大走行距離の走行条件をシャーシダイナモメータで再現して走行させた時の駆動終止までの走行距離は、取扱説明書に記載されている一充電当たりの最大走行距離 22 km に近い結果となった。よって、本供試車では、シャーシダイナモメータを用いた測定、あるいは今回設定した試験条件で、ある程度実測に近い状態が再現できたと考えられる。

4.3 他条件での測定結果

4.3.1 JIS D 9115:2018 附属書 D の標準パターンと 4° 登坂連続パターン

次に、電動アシスト自転車と同じ走行パターンで走行した際の一充電当たりの走行距離がどの程度になるかを調べた。走行パターンについては JIS D 9115:2018 の標準パターンと 4° 登坂連続パターンを駆動終止となるまで繰り返した。なお、乗員体重は JIS D 9115:2018 では 65 kg を想定しているが、今回は 4.2 と同じく 75 kg を想定し、乗員の代わりにデッキ中央に 75 kg のおもりを載せた。測定結果を表 6 にまとめた。

表 6 より、駆動終止までの走行距離については、表 5 の一充電当たりの最大走行距離よりも大幅に短くなった。電動アシスト自転車と同じ走行環境を想定した場合、市街地走行を想定した標準パターンでは一充電当たりの最大走行距離の約 45%、最小の走行距離相当である 4° 登坂連続パターンでは一充電当たりの最大走行距離の約 18% となり、一充電当たりの最大走行距離とは大きな差があることが分かった。

表 6 標準パターンと4°登坂連続パターンでの測定結果

| 項目 | 標準パターン | 4°登坂連続パターン |
|-------------------------|------------------------------------|------------|
| 平均速度(km/h) | 12.9 | 9.8 |
| 平均駆動力(N) | 42.1 | 71.6 |
| 平均駆動出力(W) | 151.2 | 196.0 |
| 走行開始から駆動終了までの時間(s) | 2739.5 | 1473.6 |
| 繰り返しサイクル数 | 2.45 | 4 |
| 駆動終了までの走行距離(km) | 9.8(内下り坂走行 2 km) | 4.0 |
| 1 km 走行当たりの消費電力量(Wh/km) | 18.7(下り坂走行を含む) 23.5(下り坂走行を含まない) | 45.4 |

4.3.2 走行速度や走行抵抗による違い

ここでは、走行速度や走行抵抗に応じて、一定速度で連続走行した際の1充電当たりの走行距離がどのように変わるのかを調べた。走行速度や走行抵抗（勾配）については表 7 の組み合わせで測定した。測定結果を表 8 にまとめた。

表 7 走行速度や走行抵抗（勾配）の組み合わせ

| | | 最高速度 | 15 km/h | 10 km/h |
|----|----|------|---------|---------|
| 勾配 | 0度 | ○ | ○ | ○ |
| | 1度 | ○ | ○ | ○ |
| | 2度 | ○ | ○ | ○ |
| | 4度 | ○ | — | ○ |

表 8 各走行速度、走行抵抗（勾配）での測定結果

| 項目 | 最高速度 勾配 0° | 最高速度 勾配 1° | 最高速度 勾配 2° | 最高速度 勾配 4° | 15 km/h 勾配 0° | 15 km/h 勾配 1° | 15 km/h 勾配 2° | 10 km/h 勾配 0° | 10 km/h 勾配 1° | 10 km/h 勾配 2° | 10 km/h 勾配 4° |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 平均速度 (km/h) | 20.2 | 19.5 | 18.5 | 13.4 | 15.0 | 14.7 | 14.6 | 10.1 | 10.0 | 9.9 | 9.8 |
| 平均駆動力 (N) | 21.4 | 35.6 | 49.6 | 74.4 | 15.9 | 30.6 | 45.5 | 12.0 | 26.9 | 41.8 | 71.6 |
| 平均駆動出力 (W) | 119.9 | 192.6 | 255.5 | 276.1 | 66.1 | 125.4 | 185.1 | 33.9 | 74.8 | 114.7 | 196.0 |
| 走行開始から 駆動終止まで の時間 (s) | 2787.0 | 1861.6 | 1413.4 | 1167.4 | 4427.4 | 2758.5 | 1935.1 | 7325.3 | 4237.8 | 2746.2 | 1473.6 |
| 駆動終止まで の走行距離 (km) | 15.6 | 10.1 | 7.3 | 4.3 | 18.4 | 11.3 | 7.9 | 20.7 | 11.8 | 7.5 | 4.0 |
| 1 km 走行 当たりの 消費電力量 (Wh/km) | 11.8 | 18.2 | 25.2 | 42.4 | 10.0 | 16.3 | 23.4 | 8.9 | 15.6 | 24.4 | 45.4 |

表 8 の結果の傾向を把握するため、単純なモデルを考えた。車両の駆動力のみによりシャーシダイナモメータのローラを動かす場合、ローラに対する動力（仕事率） P (W) については、走行速度 V (m/s)、駆動力 F (N) として、

$$P = FV$$

で表される。これは単位時間当たりの仕事であるため、時間 t (s) の間に車両の駆動がローラ回転に及ぼした仕事 W (J) は

$$W = Pt = FR$$

となる。 R (m) は走行速度 V (m/s) で t 秒間走行した距離である。 W が一定であるとすれば、 R は F に反比例する。この走行距離と駆動力の関係性が実際の測定でも現れるかを見るため、表 5 の取扱説明書記載条件、表 6 の標準パターン及び 4° 登坂連続パターン、表 8 の各走行速度、走行抵抗（勾配）での測定結果における、平均駆動力の逆数と駆動終止までの走行距離をプロットしたグラフを図 7 に示す。

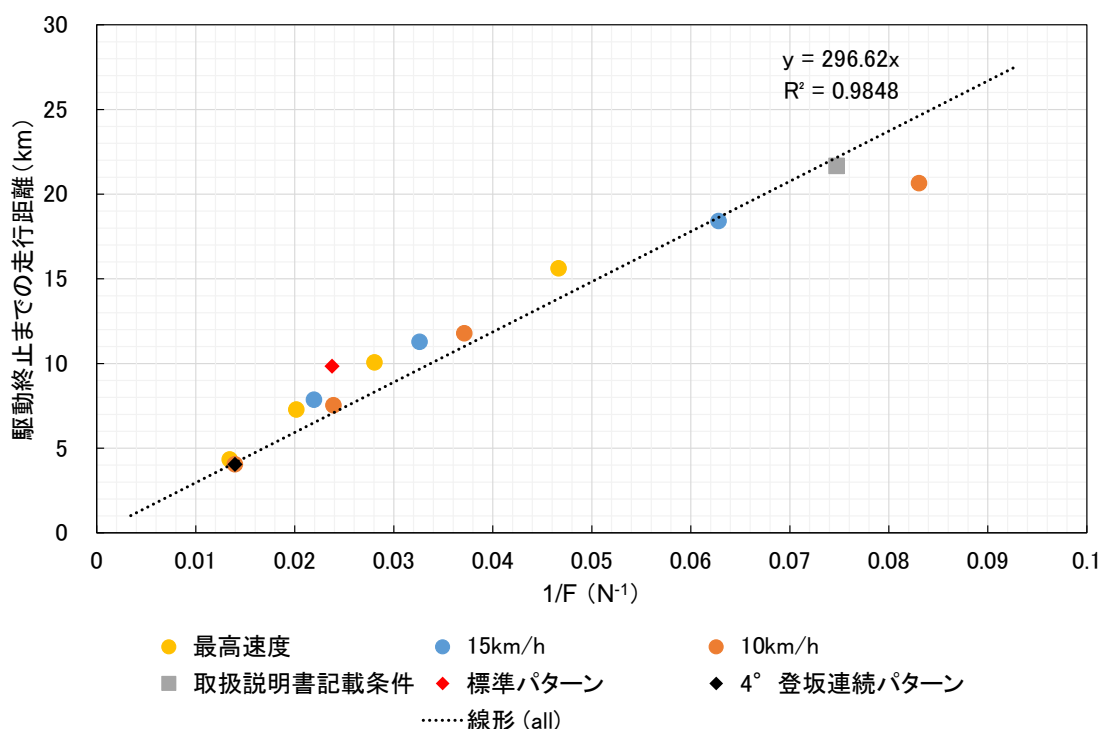


図 7 平均駆動力の逆数と駆動終止までの走行距離の関係

図 7 より、平均駆動力の逆数と駆動終止までの走行距離については概ね比例的な相関がみられ、平均駆動力と駆動終止までの走行距離に反比例の関係が見られた。切片 0 で線形回帰したグラフの傾きから、仕事は $296620 \text{ J} \rightarrow 82.3 \text{ Wh}$ であり、電池の総電力量を $36 \times 5.1 = 183.6 \text{ Wh}$ とすると、今回の測定における電力から駆動出力への変換効率は平均で 45%程度となった。損失の原因としては電動機による電力から動力への変換の際の損失や、タイヤの転がり抵抗など車両の駆動系の機械的な損失に加え、放電時の電池の特性など

様々な要素が影響している。低駆動力側である $1/F$ が大きい側では、駆動終止までの走行距離が若干回帰式の下にプロットされ、高駆動力側である $1/F$ が小さい側では、駆動終止までの走行距離が若干回帰式の上にプロットされていたが、これは一般に DC モーターでは定格負荷付近が最も効率が良いため、低負荷時の電動機の効率が、ある程度負荷のかかる状況よりも悪いことが影響したと考えられる。

走行速度や走行抵抗が一律ではなく、複数回の発進停止も含まれる標準パターンにおいても、この関係から大きく外れてはいなかったが、平均駆動力が同程度の $10 \text{ km/h} \cdot \text{勾配 } 2^\circ$ の時とは 2.3 km の差があった。これは電動機による駆動力が発生しない下り坂を 2 km 含んでいるためであり、その分を差し引いた電動機による駆動分のみでの走行距離、及び 1 km 走行当たりの消費電力量はほぼ同じであった。言い換えると、電動キックボードは連続運転、あるいは発進・停止を含む運転で、電動機による平均駆動力が同じ場合には、一充電当たりの走行距離も同程度になる。

また、4.2、4.3.1、4.3.2 で実施した測定の中で、4.2 の表 5 の取扱説明書記載の走行距離が最も大きかった。そのため、この供試車については、一充電当たりの最大走行距離の試験条件は妥当であったといえる。

4.3.3 実走行での走行状態のシャーシダイナモメータでの再現

実際に、乗員が車両に乗って市街地などを走行する際は一定走行での連続走行（定地走行）ではなく、発進・停止を頻繁に繰り返す走行となる。

そこで、シャーシダイナモメータを使用し、標準パターン以上に発進・停止を繰り返すパターンの測定を行い、連続運転との比較を行った。発進・停止を繰り返すパターンとして想定したのは、平たん路走行で最高速度程度付近での走行 70% 、加減速 30% の距離比率での走行パターンである。距離比率については、著者が日常的に市街地の移動手段、あるいはレジャーとして電動キックボードのシェアサービスを使用する際に、スマートフォンの GPS 機能を用いて走行距離と走行速度を記録した時のおおよその割合とした。距離比率測定結果の一例を図 8 に示す。

シャーシダイナモメータで最高速度程度付近での走行 70% 、加減速 30% の距離比率を再現するパターンとしては、停止状態から 30 m を走行する間に最高速度に達するように加速⇒最高速度を維持したまま 110 m 走行⇒ 10 m で減速し停止する の 1 サイクル 150 m を繰り返すパターン（図 9、以下 150 m 発停繰り返しパターンという。）を設定した。このパターンで最高速度程度での走行 73% 、加減速 27% （加速 20% 、減速 7% ）の距離比率となる。 150 m 発停繰り返しパターンの測定結果を表 9 に、図 7 に表 9 の測定結果を加えたものを図 10 に示す。

図 10 より、 150 m 発停繰り返しパターンにおいても、平均駆動力と駆動終止までの走行距離の反比例関係から大きく外れてはいなかった。平均駆動力が同程度である表 8 の $15 \text{ km/h} \cdot \text{勾配 } 1^\circ$ の連続走行と比較すると駆動終止までの走行距離で 1.5 km の差があった

が、電動機出力がない減速距離分 0.85 km を差し引くと、電動機による駆動分のみでの走行距離、及び 1 km 走行当たりの消費電力量は近い値となった。

また、150 m 発停繰り返しパターンと最高速度・勾配 0° での連続走行を比較すると 1 km 走行当たりの消費電力量で 2.6 Wh/km、割合にして 22 % 増えた。加速時の消費電力量増加の影響は小さくないといえる。

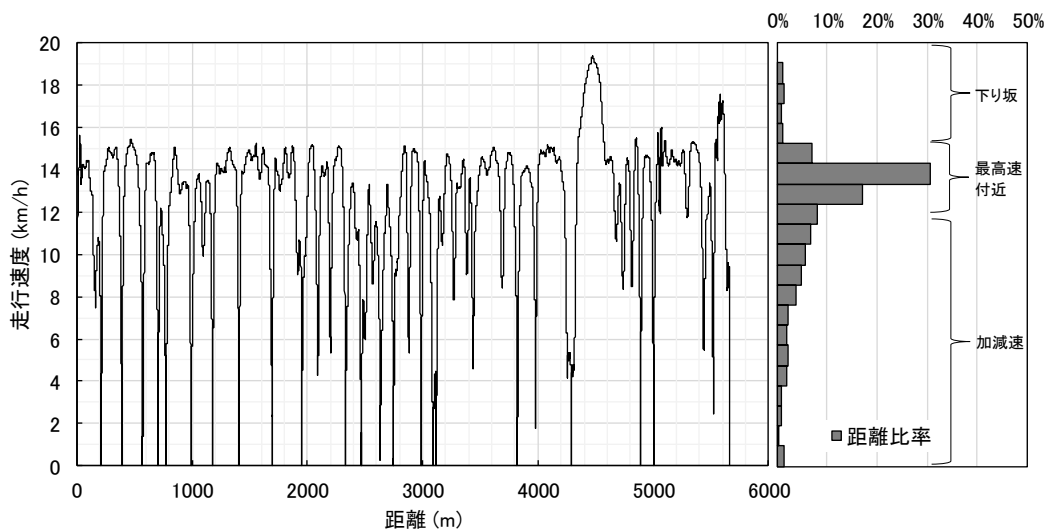


図 8 走行距離と走行速度の測定例

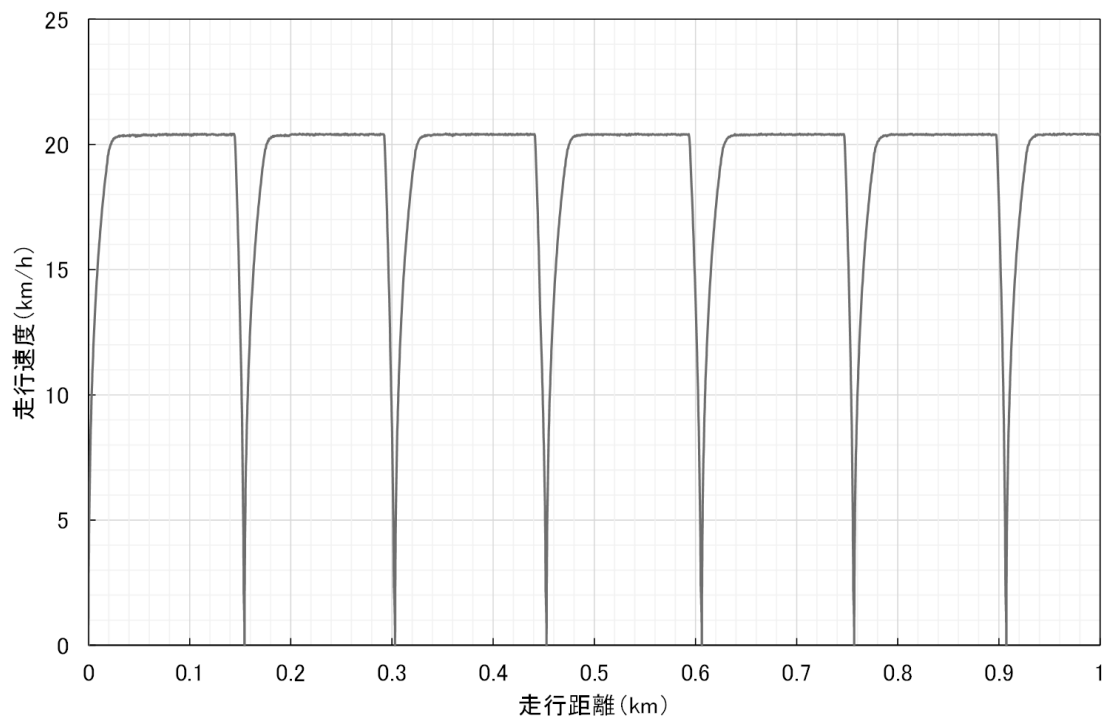


図 9 150 m 発停繰り返しパターン

表 9 150 m 発停繰り返しパターンの測定結果

| 項目 | 150m 発停繰り返しパターン |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 平均速度(km/h) | 12.5 |
| 平均駆動力(N) | 31.7 |
| 平均駆動出力(W) | 110.4 |
| 走行開始から駆動終止までの時間(s) | 3687.0 |
| 繰り返しサイクル数 | 85.3 |
| 駆動終止までの走行距離(km) | 12.8(内減速距離 0.85 km) |
| 1 km 走行当たりの消費電力量 (Wh/km) | 14.4(減速距離を含む) 15.4(減速距離を含まない) |

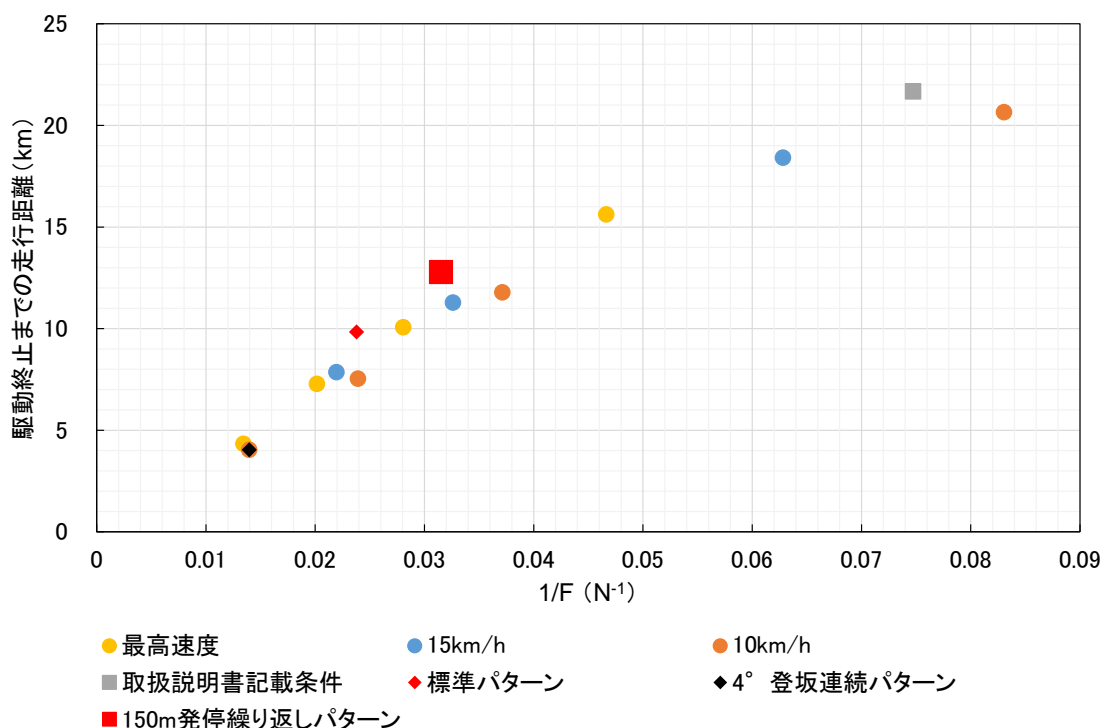


図 10 平均駆動力の逆数と駆動終止までの走行距離の関係
(150 m 発停繰り返しパターン追加)

4.4 シャーシダイナモメータを用いた電動キックボードの一充電当たりの走行距離測定・まとめ

本報告で調査・検証した内容より、発進・停止を頻繁に繰り返す使用状況であっても、連続運転で電動機による平均駆動力が同じになる条件を再現すれば、一充電当たりの走行距離が同程度になることがわかった。今回想定した、平たん路走行で最高速度の 20 km/h 付近での走行 70 %、加減速 30 %の距離比率の場合、平均駆動出力が同程度となる 15 km/h・勾配 1° の条件で連続走行することにより、一充電当たりの走行距離を概ね再現可能であった。ただし、実使用の際は下り坂や減速状況など電動機出力がない状況でも走行するため、少し厳しめの結果となる。

想定した距離比率については、特定小型原動機付自転車では調査したものではないため、実使用に近い一充電当たりの走行距離を再現するには、改正道路交通法施行後に市場に製品が出回り、使用状況や使用環境の情報を収集できるようになった段階でさらなるデータ収集が必要である。走行データなどから実使用時の電動キックボードの平均駆動力を決定できれば、シャーシダイナモメータを使用した連続走行による、実用的な一充電当たりの走行距離の試験方法が確立できるのではないかと考える。

なお、電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離については、JIS D 9115:2018 で、機械的な連続走行ではなく人漕ぎによるパターン走行での試験方法を規定している。これは走行速度や走行抵抗、乗員の漕ぎ方によりアシスト出力が細かく変化する⁸⁾ため、実際に乗員がペダルを漕ぎ、さまざまな走行抵抗の状況で走行しないと実使用時のアシスト出力状況をきちんと再現できないことが主な理由である。最大の変速段での 15 km/h の平たん路連続走行、中間の変速段での 10 km/h の 4° 登坂連続走行、20 km/h 下り坂連続走行（回生充電しながらの走行）を距離比率 2:1:1 としているのが現在の標準パターンであるが、実際に 4° 勾配が 1 km 続く区間を想定しているわけではなく、発進・停止時の負荷を勾配に置き換えて考えており、走行パターンについては、それなりに妥当な一充電当たりの走行距離を測定できるものになっている。

電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離についても、今回検証した電動キックボードと同様に、連続走行での測定が理想的である。欧州の電動アシスト自転車向けの一充電当たりの走行距離試験測定方法である R₂₀₀ 測定法は、台上での連続走行による測定を行なっているが、過去の当所の報告⁹⁾において、日本国内の電動アシスト自転車を用いた検証を行った結果、日本仕様の電動アシスト自転車では同じ測定方法を採用することが難しいことが判明した。連続走行以外にも、人漕ぎ相当の正弦波的なクランク軸回転出力を機械で再現する必要があるが、その標準化は一筋縄にはいかない。様々なアシスト出力に対応できる標準的なクランク軸回転出力を機械で再現でき、それを何らかの形で規定することができれば、電動アシスト自転車においても人が漕がずに、かつ連続走行にて測定可能となる試験方法が提案できるかもしれないが、まだまだ研究、あるいは試験機器の機能向上が必要である。

参考文献

- 1) 警察庁交通局 (2002) . いわゆる「電動キックボード」及び「電動スクーター」について
<https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku6/kickboard.htm> (最終閲覧日:2022年12月26日)
- 2) 警察庁交通局 (2021) . 電動キックボードに係る産業競争力強化法に基づく特例措置について (通達) <https://www.npa.go.jp/laws/notification/koutuu/kouki/kouki20210408.pdf> 警察庁丁交企発第132号、丁規発第57号 (最終閲覧日:2022年12月26日)
- 3) 衆議院. 道路交通法の一部を改正する法律案 (第二〇八回閣第五二号)
https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_gian.nsf/html/gian/honbun/houan/g20809052.htm
- 4) 一般財団法人自転車産業振興協会 (2021) . 「電動キックボードに関する欧州規格 EN 17128 の検証 (駆動出力、構造健全性、制動性能)」
- 5) 一般財団法人自転車産業振興協会 (2020) . 「電動アシスト自転車の加速度調査及び電動キックボードの加速度測定の予備調査」
- 6) 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 (2022)
<https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/doro/dendosukuta.html> (最終閲覧日:2022年12月26日)
- 7) 国土交通省. 新たなモビリティ安全対策ワーキンググループの検討結果 (概要) (2022)
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001517562.pdf> (最終閲覧日:2022年12月26日)
- 8) 一般財団法人自転車産業振興協会 (2017) . 「電動アシスト自転車の一充電当たりの走行距離測定自動化の検証」
- 9) 一般財団法人自転車産業振興協会 (2019) . 「日本仕様の電動アシスト自転車における R₂₀₀測定法の検証」