

2020 年度自転車等研究開発普及事業
事業実施報告書

日本仕様ではない電動アシスト自転車の ウォークアシスタンスモードの測定方法の 検証及び PeTs (Personal e-Transporters) の 最高速度測定への応用検証

2020 年 7 月

一般財団法人 自転車産業振興協会 技術研究所

目次

1	背景	2
2	供試車	3
3	測定方法と測定結果	3
3.1	ウォークアシスタンスモードを起動、最大設計速度 6 km/h まで速度増加の確認	3
3.1.1	実走行による測定と結果 (EN 15194 準拠)	3
3.1.2	実走行による測定と結果 (原動機を用いる歩行補助車などの型式認定基準ベース)	6
3.1.3	スタンド試験による測定と結果	8
3.1.4	シャーシダイナモメータを用いた測定と結果 (走行抵抗と最高速度の関連)	9
3.1.5	シャーシダイナモメータを用いた測定と結果 (一定速度でローラを回転させる測定)	11
3.1.6	最高速度の測定結果まとめ	12
3.2	ウォークアシスタンスモード解除後、速度が 0 km/h に徐々に減少するか確認	14
3.2.1	実走行による測定	14
3.2.2	スタンド試験による測定と結果	14
3.2.3	シャーシダイナモメータを用いた測定と結果	15
3.3	ウォークアシスタンスモードを起動、1 分間維持、速度が 6 km/h 以下の確認	16
3.3.1	実走行による測定	16
3.3.2	スタンド試験による測定と結果	16
3.3.3	シャーシダイナモメータを用いた測定と結果	16
3.4	ウォークアシスタンスモード起動の確認	17
4	PeTs への応用例 (電動キックボードの最高速度測定)	17
4.1	供試車	17
4.2	スタンド試験による測定と結果	18
4.3	シャーシダイナモメータを用いた測定と結果 (走行抵抗と最高速度の関連)	19
4.4	シャーシダイナモメータを用いた測定と結果 (一定速度でローラを回転させる測定)	20
5	まとめ	21

1 背景

EN 15194:2017 (Electrically power assisted cycles - EPAC Bicycles) や、今年中に発行される予定の ISO/TS 4210-10 (Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 10: Safety requirements for electrically power assisted cycles (EPACs)) では、自転車を押し歩きする際のアシストモードである「ウォークアシスタンスモード」や「スタートアップアシスタンスモード」(両者は同義のため、以後ウォークアシスタンスモードと呼ぶ) についての要求事項がある。その内容としては EN 15194:2017 をベースとしており、ほぼ同じである。なお、日本の道路交通法では、自転車への本機能の搭載、自転車の自走は認められておらず、電動アシスト自転車の型式認定基準や JIS D 9115:2018 (電動アシスト自転車) にも要求事項はない。

EN や ISO/TS で要求事項が規定されている一方で、試験方法には、漠然とした内容も含まれている。例えば試験条件としては、「テストトラック、テストベンチ、又はモータ駆動車輪を地面から離しておくスタンドのいずれかで行うことができる」と 3 種類の試験アプローチが選択可能であり、テストトラックの試験条件などは明記されている。EN や ISO/TS で規定されている、大まかな試験手順と確認事項として、

- ① ウォークアシスタンスモードを起動し、速度が最大設計速度の 6 km/h かそれ以下の速度まで増加することを確認する。
- ② ウォークアシスタンスモード解除後、速度が 0 km/h に徐々に減少することを確認する。
- ③ ウォークアシスタンスモードを起動し、1 分間維持する。速度が 6 km/h 以下であることを確認する。
- ④ ウォークアシスタンスモードが作動するのは、ウォークアシスタンスモードを開始するための装置の作動が維持されるときだけであることを確認する。

の項目がある。一方で、テストベンチでの試験条件が明記されていないなど、これらの事項を確認するための具体的な試験方法が明記されていない。検査機関の視点では、今後試験依頼があった時どのような試験をするのが妥当なのか、規格を読むだけでは難しい状態である。

そこで本報告では、当所所有の設備や試験機器を用いて、ウォークアシスタンスモードの試験方法について検証を行った。また、類似の試験として電動キックボードのような PeTs (Personal e-Transporters) の最高速度測定に応用が可能か検証した。

2 供試車

6 km/h のウォークアシスタンスモード機能が搭載された当所所有の車両（供試車①）、及び一部試験においては、参考として、ウォークアシスタンスモードと明記されていないが自走モードがある車両（供試車②）にて検証を行った。供試車の仕様を表 1 にまとめた。

表 1 供試車

	供試車①	供試車②
完成車の質量(kg)	16.2	22.3
車輪径(前/後、インチ)	16/16	26/26
組電池の定格電圧(V)	24	24
組電池の定格容量(Ah)	4.5	5
電動機の定格出力(W)	不明	250W
駆動補助装置の種類	後車軸合力発生型 (ハブモータ後輪駆動方式)	後車軸合力発生型 (ハブモータ後輪駆動方式)
ウォークアシスタンスモード	手元スイッチに 6km/h 表示のボタンあり 	手元スイッチのボタン長 押しで自走、 6km/h の表示無し

3 測定方法と測定結果

3.1 ウォークアシスタンスモードを起動、最大設計速度 6 km/h まで速度増加の確認

3.1.1 実走行による測定と結果（EN 15194 準拠）

EN 15194:2017 のテストトラックを用いる試験に準じて測定を行った。タイヤ空気圧はタイヤ側面に記載されている最大値とし、組電池は満充電の状態とした。走行路は当所の試験走路（JIS D 9313-2:2019 の 4.6.3.1. a）の走行路）を用いた（写真 1）。走行速度の測定方法については測定精度や分解能以外に規定がないため、制動距離測定に用いるテープスイッチを用いて 1 m の通過時間を測定し、走行速度を算出した。加速区間は 15 m 程度とした。片道走行で 10 回測定を行った。測定者は当所職員 3 名とした。測定の様子を写真 2 に、測定結果を表 2 にまとめた。



写真 1 試験走路



写真 2 測定の様子

表 2 測定結果（試験走路、EN 15194 準拠）

測定 No	供試車①			
	測定者 A	測定者 B	測定者 C	
1	4.2	3.9	4.7	
2	4.4	4.4	4.5	
3	4.2	4.5	4.5	
4	4.3	4.5	4.5	
5	4.3	4.5	4.4	
6	4.8	4.5	4.4	
7	4.9	4.6	4.3	
8	4.9	4.1	4.5	
9	4.5	4.3	4.5	
10	4.6	4.2	4.4	全測定
平均	4.5	4.3	4.5	4.4
最高	4.9	4.6	4.7	4.9
最低	4.2	3.9	4.3	3.9

表 2 より、全測定における最高速度は 4.9 km/h（測定者 A）、各測定者の平均は 4.3 km/h ~ 4.5 km/h、全測定の平均は 4.4 km/h であった。各測定では、ばらつきがそれなりにあり、同一測定者による測定結果においては最大 0.7 km/h の差（測定者 A・最高 4.9 km/h - 最低 4.2 km/h、測定者 B・最高 4.6 km/h - 最低 3.9 km/h）、測定者間の差については最大 1.0 km/h の差（測定者 A・最高 4.9 km/h と測定者 B・最低 3.9 km/h）が生じていた。

各測定で測定結果がばらつく主な理由として、

- ① 測定の際、自転車が転倒しないよう支持し、手元スイッチのボタンによりウォークアシスタンスモードを起動させるため、測定者がハンドルを保持する必要がある。ハンドルの保持により車両の駆動方向（前後）に力が加わるため、走行速度に影響を及ぼす。
- ② ハンドル保持により、車両の上下方向への力も加わるため、タイヤの転がり抵抗が増加する。

などが考えられる。

実走行による試験は実使用時の状況を再現している、あるいは試験方法が簡易、単純である一方、測定者の影響が排除できないため、再現性のある測定を行うのが難しい。最終的に最高速度が 6 km/h と計測された車両では、使用者の使用方法によっては 6 km/h を超えてしまう可能性があるかもしれない。

3.1.2 実走行による測定と結果（原動機を用いる歩行補助車などの型式認定基準ベース）

本項では、原動機を用いる歩行補助車などの型式認定基準（警察庁丙交企発第 68 号）の 2.2 の測定方法に準じて測定を行った。前述の通り、電動アシスト自転車の自走は道路交通法では認められておらず、本測定は電動アシスト自転車向けのものではない。3.1.1 と異なる点としては、加速距離が 10m、速度測定の対象となる距離が 10m である点などが挙げられる。タイヤ空気圧はタイヤ側面に記載されている最大値とし、組電池は満充電の状態とした。走行路は当所屋内の平たん路（写真 3）を用いた。往復ではなく片道で 10 回測定を行った。走行速度はテープスイッチを用い、10m の通過時間を測定し、走行速度を算出した。測定者は 3.1.1 と同じ当所職員 3 名とした。測定の様子を写真 4 に、測定結果を表 3 にまとめた。本測定では参考として供試車②の測定も実施した。



写真 3 走行路（10 m の通過時間測定部分）



写真 4 測定の様子

表 3 測定結果（試験走路、原動機を用いる歩行補助車などの型式認定基準ベース）

測定 No	供試車①			全測定	供試車②
	測定者 A	測定者 B	測定者 C		測定者 A
1	4.9	3.9	4.7		8.6
2	4.3	4.0	4.6		8.3
3	4.6	4.2	4.5		8.0
4	4.6	4.1	4.8		8.1
5	4.3	4.1	5.0		8.4
6	4.5	4.2	4.5		8.9
7	4.9	4.2	4.4		9.1
8	4.3	4.1	4.3		8.6
9	4.0	4.0	4.6		8.9
10	4.4	4.0	4.5		8.9
平均	4.5	4.1	4.6	4.4	8.6
最高	4.9	4.2	5.0	5.0	9.1
最低	4.0	3.9	4.3	3.9	8.0

表 3 より、全測定における最高速度であるが、供試車①では 5 km/h（測定者 C）、供試車②は 9.1 km/h であり、全測定の平均は供試車①で 4.4 km/h、供試車②で 8.6 km/h であった。供試車①の各測定では、ばらつきがそれなりにあり、同一測定者による測定結果においては最大 0.9 km/h の差（測定者 A・最高 4.9 km/h、最低 4.0 km/h）、測定者による差については最大 1.1 km/h の差（測定者 C・最高 5.0 km/h と測定者 B・最低 3.9 km/h）が生じていた。供試車②については速度が 8 km/h から 9 km/h 程度となり、測定時に測定者が走る必要があった。そのため、同一測定者での測定ばらつきは供試車①よりも大きくなった。

次に、測定条件による違いを比較するため、供試車①について、3.1.1 (EN 準拠) 及び 3.1.2 (歩行補助車などの型式認定ベース) の全測定者の測定結果を頻度解析したヒストグラムを図 1 に示す。図 1 より、実走行による速度測定である 3.1.1 と 3.1.2 ではやや分布が異なり、EN 準拠の方が単峰性となっている一方で、歩行補助車などの型式認定ベースでは明確な分布の山が見られなかった。このような差が生じた理由として、走行速度の測定区間の長さが影響したと考えられる。4.5 km/h の走行速度として計算すると、1 m あたりの走行時間が約 0.8 秒で、10 m の測定区間では 8 秒要することになり、測定区間が長いほど乗員の挙動が反映される時間が長くなる。ただし、測定者の慣れの問題もある（実施時期としては 3.1.2 の翌日に 3.1.1 の測定を行った）ため、測定区間の長さや測定結果の分布の関係は今後も調査が必要と思われる。

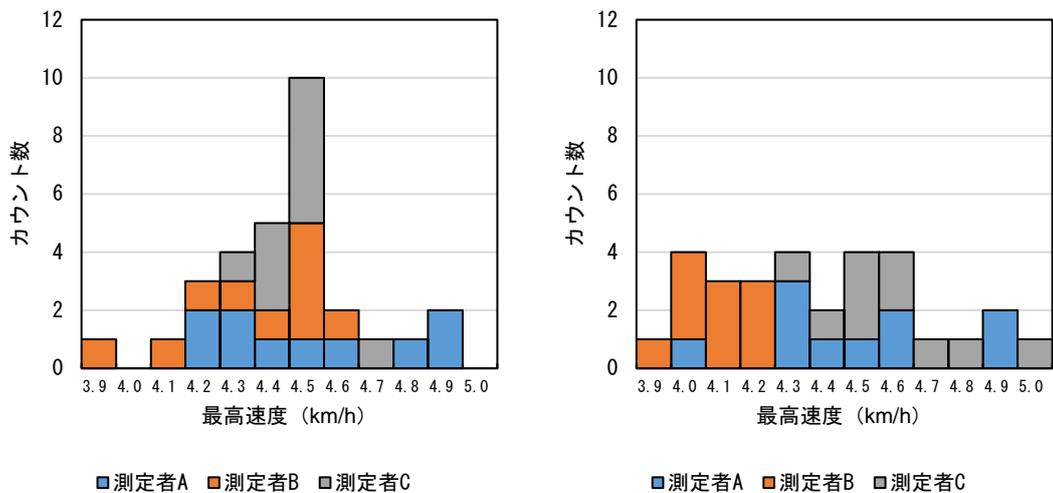


図 1 供試車①における実走行での全測定結果まとめ
 (左 : 3.1.1・EN 準拠、右 : 3.1.2・歩行補助車などの型式認定ベース)

3.1.3 スタンド試験による測定と結果

本測定では、駆動輪を地面から離れた状態、すなわち駆動輪への負荷がない状態での試験（以後、スタンド試験と呼ぶ）でウォークアシスタンスモードを起動させ、回転計を用いて毎分の駆動輪の回転数を測定し、車輪の外周長との積から走行速度を計算した。測定手順を以下にまとめる。測定及び計算結果を表 4 にまとめた。

(測定手順)

- ① 駆動輪が接地しない状態となるよう車両をスタンドで固定する。
- ② ウォークアシスタンスモードを起動させ、回転計にて車輪の回転数を測定する。
- ③ 車輪の回転が安定した時の回転数（最小読み取り単位 1 rpm）を測定する。
- ④ 車輪外周長を測定する。
- ⑤ 車輪の最高回転数と車輪外周長の積から最高速度を計算する。

表 4 測定結果（スタンド試験）

	供試車①	供試車②
最高回転数 (rpm)	63	198
車輪外周長 (m)	1.20	2.05
最高速度 (km/h)	4.5	24.4

表 4 より供試車①については、3.1.1 や 3.1.2 で測定した実走行の値（両者とも平均で 4.4 km/h）に近い値ではあったが、実走行のほうが大きくなる事例もあった。これは 3.1.1

や3.1.2で考察したとおり、測定者の挙動が測定結果に影響している（車両を押し気味である）ためと思われる。

また供試車②については、24 km/h 以上となるまで回転数が上昇し続け、実走行の測定とは異なる結果となった。これは車輪に走行抵抗を負荷していないことに加え、詳細は後述するが電動機の制御方法が影響していると考えられる。

スタンド試験は、テストトラックと比較しても容易に測定可能であり、測定に要する時間も数分であった。実走行での測定との大きな違いとして、車輪に負荷をかけない状態での回転数の測定であるため、実走行の状態を必ずしも再現しているわけではなかった。

3.1.4 シャーシダイナモメータを用いた測定と結果（走行抵抗と最高速度の関連）

本項では、テストベンチとして電動アシスト自転車用シャーシダイナモメータを用い、ウォークアシスタンスモードを起動させている状態で、駆動輪に負荷する走行抵抗を変化させ、最高速度の測定を実施することで、走行抵抗と最高速度の関係を調べた。

走行抵抗は、供試車①及び供試車②のおもり積載無しの前輪の転がり抵抗相当 ($0.8 + 0.04 \times V$ 、シャーシダイナモメータにて測定) に勾配 θ° の勾配抵抗を加えた関数 $F = 0.8 + 0.04 \times V + 9.8 \times 75 \times \sin\theta$ を仮に設定した。なお、空気抵抗については、乗員の載っていない状態での自転車の空気抵抗のデータを持ち合わせないため、この式では空気抵抗を含めていない。勾配抵抗は車両と乗員の合計質量が 75 kg の設定がシャーシダイナモメータの最低値のため、実際のウォークアシスタンスモードでの勾配抵抗とは異なる。また、本測定では等価慣性質量が最低でも 75 kg の設定であり、車両と乗員の合計質量が 75 kg の状態での加減速時の慣性力を再現しているため、加減速を行っている際のデータは実使用の状態とは異なる。この関数で、勾配を 0.5° ずつ増加させることで、駆動輪に負荷される走行抵抗が 5 N~7 N 程度変わるため、勾配を変化させ、その時の最高速度の測定を行った。測定手順を以下にまとめる。

（測定手順）

- ① 駆動輪がローラの上に載るように、シャーシダイナモメータに車両を取り付ける。
- ② ローラの回転速度（走行速度）やトルク、組電池の電流、電圧などの計測を開始する。
- ③ シャーシダイナモメータのローラで負荷する走行抵抗を上式に設定し、勾配 0° に設定する。
- ④ ウォークアシスタンスモードを起動させ、最高速度で安定するまで起動させ続ける。
- ⑤ シャーシダイナモメータのローラで負荷する走行抵抗の勾配を 0.5° 増やす。
- ⑥ 駆動輪が回転しない、大きくスリップするなどの理由で測定不可能になる状態まで④、⑤を繰り返す。

測定結果を図 2 に示す。図 2 より、ウォークアシスタンスモードによる最高速度は、駆動輪に負荷される走行抵抗に応じて変化することが分かった。供試車①と供試車②を比較

すると、その傾向は異なり、供試車①では走行抵抗に対して線形的な相関がみられ、供試車②については反比例的な相関がみられた。最高速度測定時の走行抵抗に対する消費電力の関係は、供試車①は走行抵抗に対して消費電力が線形的に増加していた。一方、供試車②については走行抵抗が大きくなっても消費電力はあまり変わらず、35 W から 40 W 程度であった。供試車②の最高速度と走行抵抗に反比例的な相関がみられたのは、ウォークアシスタンスモード起動時の消費電力が一定であったことが原因である（電動機の出力は電動機の回転数とトルクの積であるため）。

本測定における最高速度は、供試車①で 4.3 km/h（駆動輪に負荷される走行抵抗 1 N）、供試車②で 14.4 km/h（駆動輪に負荷される走行抵抗 1.4 N）であった。供試車①では実走行による測定に近い結果となったが、供試車②では実走行よりも大きかった。理由としては、供試車②の最高速度が走行抵抗に反比例的な相関があり、特に走行抵抗が小さい状態では、走行抵抗の変化に対する最高速度の変化が大きいことが原因と考えられる。3.1.3 で駆動輪への負荷がない状態で最高速度が 24 km/h を超えたのもこのような理由が原因と考えられる。

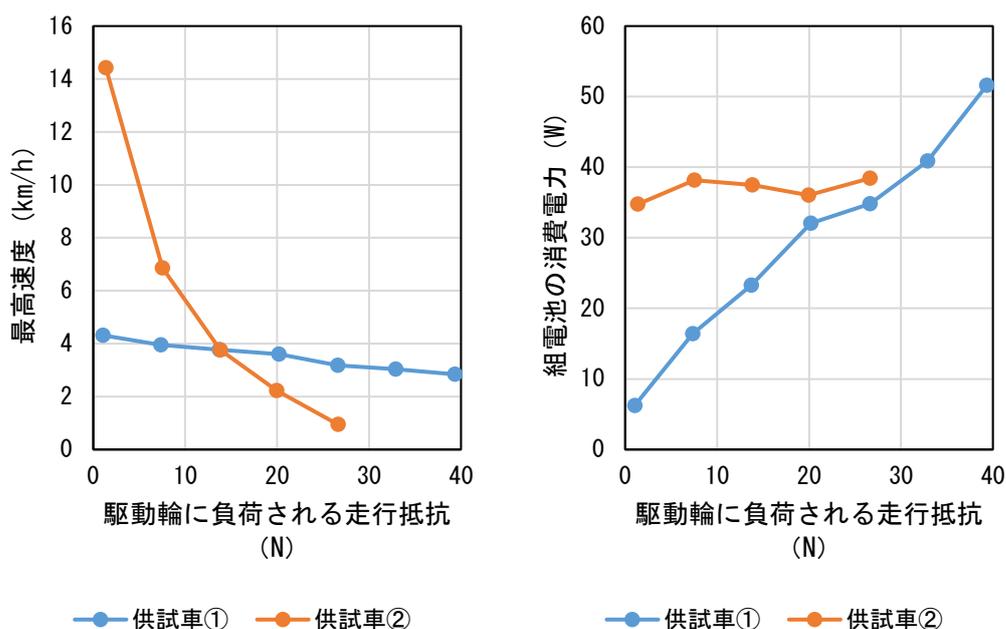


図 2 駆動輪に負荷される走行抵抗とウォークアシスタンスモード起動時の最高速度、消費電力の関係（左：最高速度、右：組電池の消費電力）

3.1.5 シャーシダイナモメータを用いた測定と結果（一定速度でローラを回転させる測定）

本項では、最高速度の測定ではなく、ウォークアシスタンスモードの最高速度が 6 km/h を上回るかどうかを、シャーシダイナモメータを用いて測定した。測定手順を以下にまとめる。

（測定手順）

- ① シャーシダイナモメータに車両を取り付ける。駆動輪がローラの上に載る。
- ② ローラの回転速度（走行速度）やトルク、組電池の電流、電圧などの計測を開始する。
- ③ シャーシダイナモメータのローラを、シャーシダイナモメータの制御により任意の一定速度で回転させる。ローラ上に負荷が生じた際も、シャーシダイナモメータ側の制御により速度は一定に保たれる。
- ④ ウォークアシスタンスモードを起動させ、起動前後の変化を測定する。

この測定により、任意の速度で走行している際、そこからウォークアップアシスタンスモードにより加速することができるかどうか分かる。任意の速度でローラを回転させ車両を走行させているときにウォークアップアシスタンスモードを起動させ、車両が加速するのに十分な駆動力が出力された場合、ローラが一定速度で回転を維持するため、その駆動力を打ち消すようにローラにて負荷をかける、すなわちブレーキをかけることになる。加速できない状態である場合はローラによる負荷はほとんど変わらない。

6 km/h でシャーシダイナモメータのローラを回転させたときの、各供試車の測定結果を図 3 に示す。

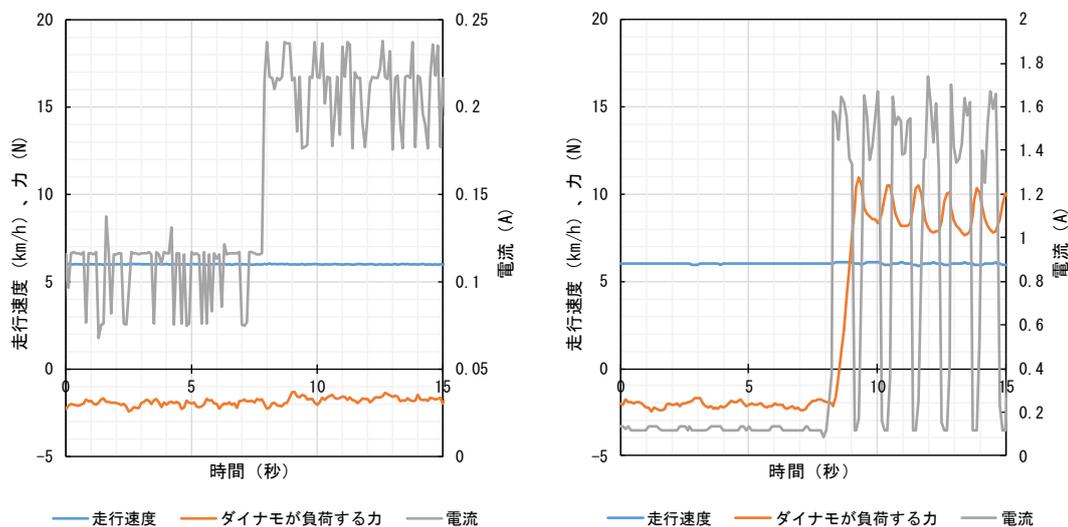


図 3 ウォークアシスタンスモード起動時の変化の様子（左：供試車①、右：供試車②）

図 3 より、まずウォークアシスタンスモードでの最高速度が 6 km/h 以下である供試車①については、ウォークアシスタンスモードを起動させた前後（図 3 左の 7 秒から 8 秒付近でウォークアシスタンスモード起動）で、ローラが負荷する力はほぼ変わらなかった。なお、ローラが負荷する力が負（-2 N 程度）であるのは、ローラ上で通常走行抵抗として負荷する力と逆の力（ローラが負荷を受ける）が生じているということであり、この場合は主に後輪の転がり抵抗とローラ自体の回転の損失である。

一方、ウォークアシスタンスモードでの最高速度が 6 km/h 以上である供試車②については、ウォークアシスタンスモードを起動させた前後（図 3 右の 8 秒から 9 秒付近でウォークアシスタンスモード起動）で、ローラが負荷する力は急激に増加した。これは、ローラ側で負荷をかけないと 6 km/h を維持できない状態、ローラ側でブレーキをかけている状態であり、ウォークアシスタンスモードで 6 km/h 以上の速度が出るということである。

本測定は、シャードイナモメータがあれば、測定自体は簡単に可能である。一方で最高速度の値を測定する試験ではないので、あくまでスクリーニング検査などで有効ではないかと思われる。一方で課題もあり、例えばどの程度までローラが負荷する力が増えるのが許容されるのかを定義しないと判断ができない。後輪の転がり抵抗を相殺する程度、すなわち本測定でローラが負荷する力が 0 になる、というところが最低限許容される水準と思われる。

3.1.6 最高速度の測定結果まとめ

3.1.1 から 3.1.5 まで様々な方法で最高速度測定を検証してきた。その結果を表 5 及び表 6 にまとめた。

表 5 測定結果まとめ（供試車①）

	3.1.1 実走行-EN	3.1.2 実走行-歩行 補助車型式	3.1.3 スタンド試験	3.1.4 テストベン チ、走行抵抗 負荷	3.1.5 テストベン チ、ローラ回 転速度一定
平均／測定値	4.4	4.4	4.5	4.3	6 km/h 以下
最高	4.9	5.0			6 km/h 以下
最低	3.9	3.9			6 km/h 以下

表 6 測定結果まとめ（供試車②）

	3.1.1 実走行-EN	3.1.2 実走行-歩行 補助車型式	3.1.3 スタンド試験	3.1.4 テストベン チ、走行抵抗 負荷	3.1.5 テストベン チ、ローラ回 転速度一定
平均／測定値		8.6	24.4	14.4	6 km/h 以上
最高		9.1			6 km/h 以上
最低		8.0			6 km/h 以上

まず表 5 より、供試車①についてはどの測定方法においても平均速度・測定速度についてはあまり差がなかったが、実走行での試験では測定者や測定ごとに差が生じた。そのため、実走行での測定では測定者を増やす、あるいは測定回数を増やすことが望ましいと思われる。次に、供試車②については測定方法によって差が生じた。これは、ウォークアシスタンスモードを起動させると電動機の出力が走行抵抗によらず一定であり、走行抵抗の増減が最高速度に反比例的に影響するためである。ウォークアシスタンスモードを起動時に走行抵抗によらず電動機の出力が一定のものについては、走行抵抗によって最高速度が大きく変わる可能性があり、注意しなければならない。

図 4 に駆動輪に負荷される走行抵抗と各測定の最高速度の関係を示す。この図から、実走行時に駆動輪に負荷される走行抵抗は供試車①で 0.5 N～1 N 程度、供試車②で 6 N 程度と思われ、車両によって、ウォークアシスタンスモード起動時に実走行で駆動輪に負荷される走行抵抗が変わることがわかる。シャーシダイナモメータで実走行時の走行抵抗を再現するには、実際の抵抗を測定する等、妥当な数値を検討する必要があるだろう。参考として、走行抵抗については、例えば JIS D 9115:2018 において、電動アシスト自転車の駆動補助力の比率（アシスト比）測定では、緩い勾配及び急な勾配での走行状況を再現するため、走行速度に応じて駆動輪に負荷する力（駆動力）が定められており、一充電当たりの走行距離測定においては、代表的な電動アシスト自転車の走行状態における測定結果から、走行抵抗の式が規定されている¹⁾。いずれも人が乗車した状態における数値や式であるため、乗車しない状態の測定では、別途妥当な数値を研究する必要があるだろう。

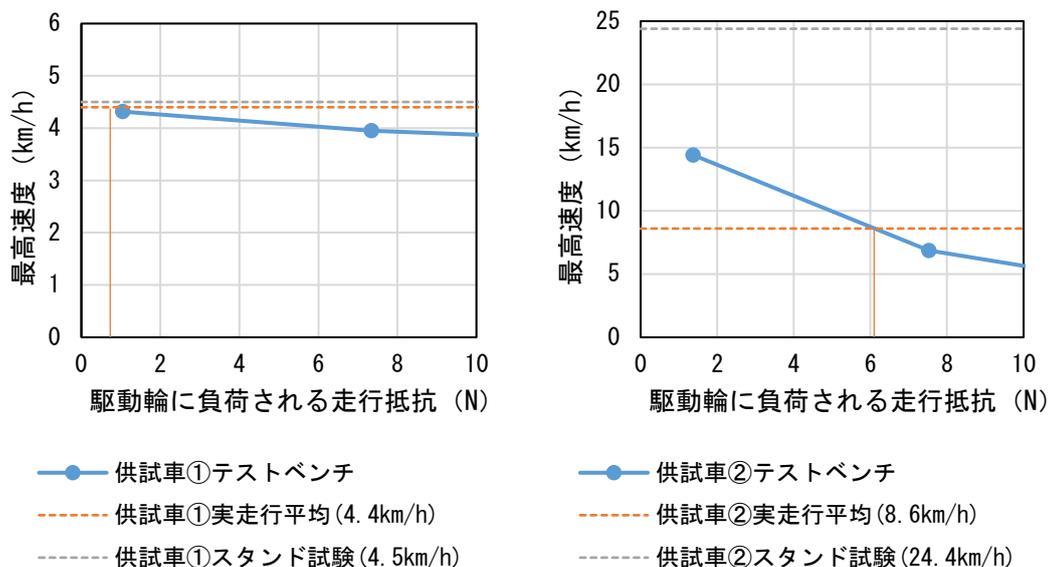


図 4 駆動輪に負荷される走行抵抗と最高速度の関係

3.2 ウォークアシスタンスモード解除後、速度が 0 km/h に徐々に減少するか確認

3.2.1 実走行による測定

この確認については、「徐々に」の解釈が難しいが、電動機が停止し、急ブレーキとなる力が作用せず、通常の自転車の押し歩き時と同じ状態になることを確認すればよいと思われる。今回測定した供試車①、供試車②ともにウォークアシスタンスモードを解除すると電動機の回転が停止し、通常の自転車状態に戻り、測定者の停止動作とともに自転車の走行速度が 0 km/h まで減少することは官能検査としては確認できた。

3.2.2 スタンド試験による測定と結果

スタンド試験においては、駆動輪に負荷がない状態であるため、実使用時とは状況は異なるが、ウォークアシスタンスモード解除後の速度減少については回転計を用いて測定は可能である。

実際に、供試品①において、ウォークアシスタンスモード解除後の駆動輪の回転数の変化を調べた。図 5 に回転数の変化の様子を示す。

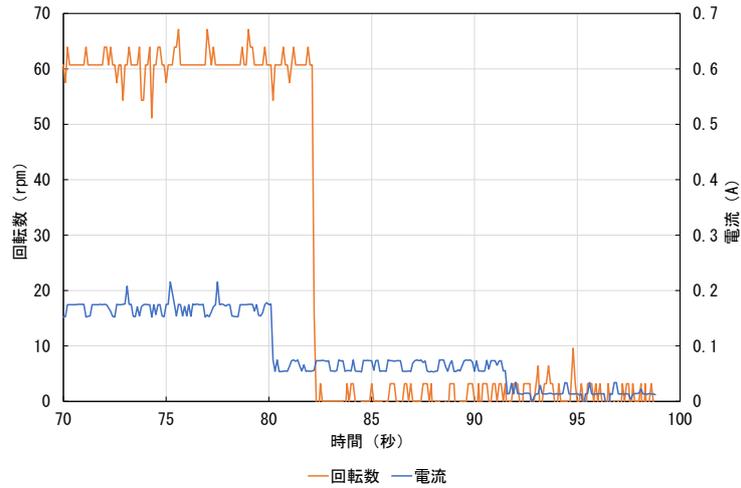


図 5 スタンド試験における回転数の変化

図 5 より、ウォークアシスタンスモードを解除し、電流がほぼ 0 になったが、ハブ軸の摩擦抵抗などにより車輪が 1 回転する前に車輪が停止した。そのため、速度が「徐々に」減少するかどうかを確認することは、回転計による測定では難しいと思われる。

3.2.3 シャーシダイナモメータを用いた測定と結果

供試品①での 3.1.4 の勾配 0° の最高速度測定と同じ測定条件における、ウォークアシスタンスモード起動から解除、その後停止状態となるまでの走行速度及び電流の変化の様子を図 6 に示す。図 6 より、ウォークアシスタンスモード解除 (35 秒付近) 後、電流がほぼ 0 になり、走行速度が一定の割合 (約 0.09 km/h/s) で減少し続ける様子が分かる。ただし、前述のとおり、シャーシダイナモメータの等価慣性質量が 75 kg の設定であり、減速時は慣性力の影響を考慮する必要があるため、実使用の状況とは挙動が異なる。

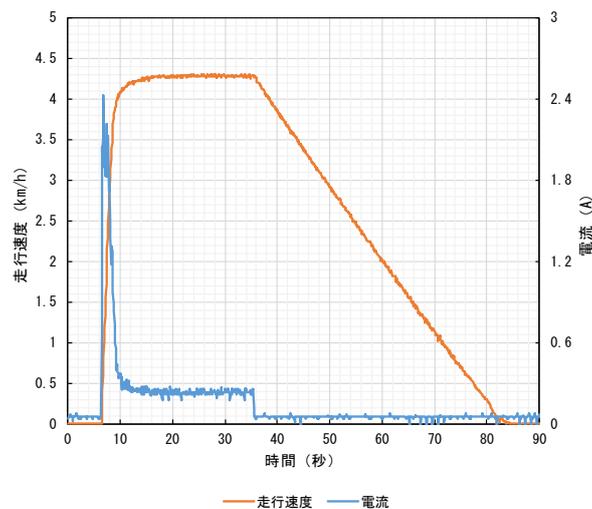


図 6 シャーシダイナモメータでの測定における走行速度の変化

3.3 ウォークアシスタンスモードを起動、1分間維持、速度が6 km/h 以下の確認

3.3.1 実走行による測定

ウォークアシスタンスモードを1分間維持させ、その間6 km/h 以下であることを測定するには、少なくとも100 mの走行路が必要であり、その間走行速度を常に監視する必要がある。そのため、3.1.1や3.1.2で速度測定に用いたテープスイッチは使用できず、車両に速度測定装置を取り付ける必要がある。また、測定の間、測定者の動作が極力駆動に影響しないように維持し続けながら走行させる必要がある。これらの理由により、現在の当所設備では正確な測定が不可能であるため、今回は実走行による測定を実施しなかった。

3.3.2 スタンド試験による測定と結果

3.2.2でも述べた通り、スタンド試験においては、タイヤに走行抵抗のような負荷がかかっていない状態であるため、実使用時とは状況が異なるが、速度の様子については回転計を用いて測定が可能である。

実際に、供試品①において、ウォークアシスタンスモードを1分間維持した際の駆動輪の回転数の様子を調べた。図7に回転数の変化の様子を示す。1分間、多少の増減はあるが、ほぼ一定の回転数を維持していた。

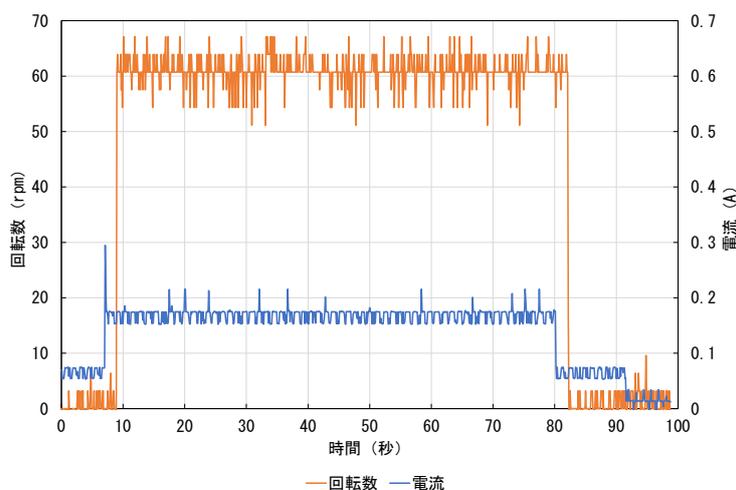


図7 スタンド試験における回転数の様子

3.3.3 シャーシダイナモメータを用いた測定と結果

供試品①での3.1.4の勾配0°の最高速度測定と同じ測定条件において、ウォークアシスタンスモードを1分間維持し、解除するまでの走行速度及び電流の変化の様子を図8に示す。起動後1分以上、6 km/h以下の速度であり、約4.3 km/hで安定していた。ここで示したのは走行抵抗が非常に小さい場合の例であるが、シャーシダイナモメータを用いれば任意の走行抵抗での測定も可能であるため、登坂を想定した状況などでの挙動も確認することができる。

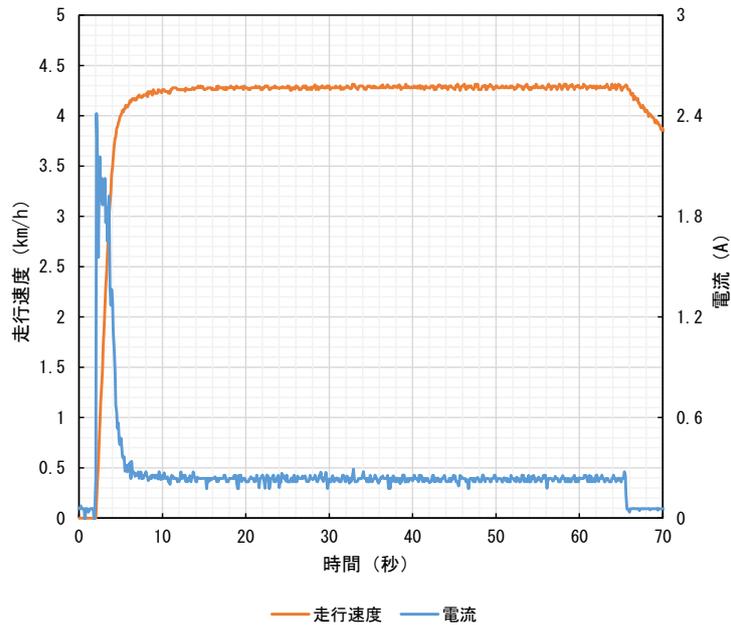


図 8 シャーシダイナモメータを用いた測定における 1 分間の起動の様子

3.4 ウォークアシスタンスモード起動の確認

ウォークアシスタンスモードが作動するのは、ウォークアシスタンスモードを開始するための装置の作動が維持されるときだけであることを確認するには、他のボタン操作あるいはその組み合わせで作動するかどうかを調べる必要がある。様々なパターンを組み合わせ確認すればよいのだが、そもそも製品の仕様によるものである。そのため、改造防止対策の要求事項に近い内容であり、試験方法として定義するのは難しく、今回検証は実施しなかった。

4 PeTs への応用例（電動キックボードの最高速度測定）

4.1 供試車

本章では、ここまでのウォークアシスタンスモードの測定事例を応用し、電動キックボードの最高速度測定を検証した。電動キックボードについては現状、日本国内の道路交通法上は原動機付自転車または自動二輪車の扱いである。一方で、海外の一部の国では規制の適正化を試行錯誤しており、最高速度を制限したうえで、車道や自転車道を免許不要で走行できるようにするなど法整備が進められつつある。

電動キックボードの最高速度については例えばドイツでは 20 km/h、フランスでは 25 km/h（一部地域除く）などと国、地域ごとに様々であるがおおむね 20 km/h 前後である²⁾。また設計最高速度の測定方法としては、ASTM F2641 - 08(2015) Standard Consumer Safety Specification for Recreational Powered Scooters and Pocket Bikes に規定された試験方法があるが、実走行によるものであり、1%の勾配を超えない 200 m 以上の走行路が必要である。最

高速度測定にはウォークアシスタンスモード以上に、十分な走行距離が必要であり、実走行での測定場所は限られ、測定は容易ではない。

そこで本章では、スタンド試験及びシャーシダイナモメータを用いた測定方法を検証した。供試車として無改造でシャーシダイナモメータに取り付け可能な、後輪駆動の電動キックボードを用いた。なお、電池が車両内に内蔵されていたため、電流及び電圧の測定は行っていない。供試車に関する情報を表 7 にまとめた。

表 7 供試車

	供試車③
完成車の質量(kg)	12
車輪径(前/後、インチ)	8/8
組電池の定格電圧(V)	36
組電池の定格容量(Ah)	4.4
電動機の定格出力(W)	不明

4.2 スタンド試験による測定と結果

3.1.3 と同じ測定手順にて実施した。電動機を作動させる加速装置は電動機の出力が最大となるよう操作した。測定及び計算結果を表 8 にまとめた。

表 8 測定結果 (スタンド試験)

	供試車③
最高回転数(rpm)	523
車輪外周長(m)	0.6
最高速度(km/h)	18.8
取扱説明書記載の最高速度(km/h)	18
駆動方式	後輪駆動

ウォークアシスタンスモードと同様、測定自体は可能であった。表 8 より取扱説明書記載の最高速度が 18 km/h であり、スタンド試験の結果はその値よりも大きく 18.8 km/h であった。取扱説明書記載の速度の測定方法はわからないが、駆動輪に負荷される走行抵抗がないため、実使用状態よりも大きな測定結果になったと思われる。ただ、ウォークアシスタンスモードの測定とは異なり、電動キックボードの最高速度測定では乗員が乗った状態での測定を行う必要があり、スタンド試験の値は実使用状態の速度とは大きく変わると考えられる。

4.3 シャーシダイナモメータを用いた測定と結果（走行抵抗と最高速度の関連）

3.1.4と同様の測定により、最高速度を測定した。実使用の状況に近づけるため、総質量が75kgとなるように車両のデッキ部中央におもりを載せた。等価慣性質量は車両の質量とおもりの合計より75kgとした。電動機を作動させる加速装置は電動機の出力が最大となるよう操作した。測定より得られた、駆動輪に負荷される走行抵抗と最高速度の関係を図9に示す。

図9より、最高速度は、ウォークアシスタンスモードと同様に後輪へ負荷される走行抵抗に応じて変化することが分かった。また、最高速度は約15km/hであり、後輪に負荷がかかる状態と4.2のスタンド試験では結果が大きく変わった。原因としては、乗員が乗っていることを想定しているため、後輪の転がり抵抗が大きくなったことが影響していると考えられる（供試車③では総質量75kg、走行速度10km/hで後輪の転がり抵抗+車輪回転時の摩擦力などの損失は約40Nであった）。このことから、取扱説明書記載の最高速度は、駆動輪に負荷のない状態での測定値や電動機の性能から算出したものと思われ、実使用条件下では走行条件や乗員体重にもよるが、最高速度は14km/h～15km/h程度になると思われる。

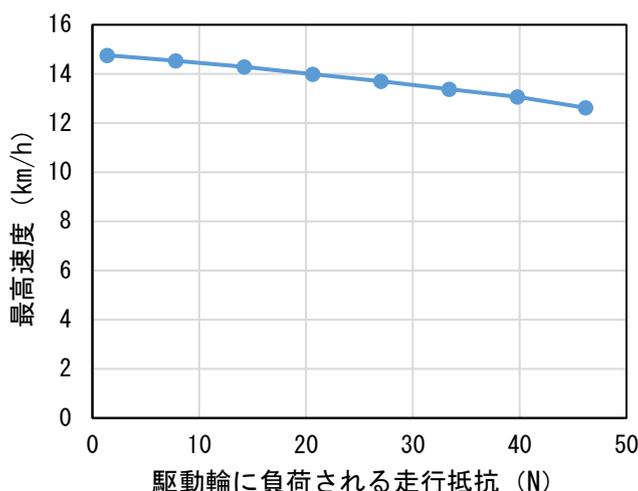


図9 駆動輪に負荷される走行抵抗と最高速度の関係

また、参考として、図10に勾配0°に設定した際の走行速度と加速度の変化の様子を示す。本車両については5km/h程度になってから電動機が作動する機構であるため、はじめはシャーシダイナモメータのローラを足で回し加速した。約4km/hで電動機が作動し、電動機による加速が始まった。足で回していない電動機のみでの加速度は最大で0.6m/s²（34秒付近、走行速度約7.5km/h）であった。シャーシダイナモメータを使用し、電動キックボードに応じた走行抵抗を設定することで、加速度測定も可能である。

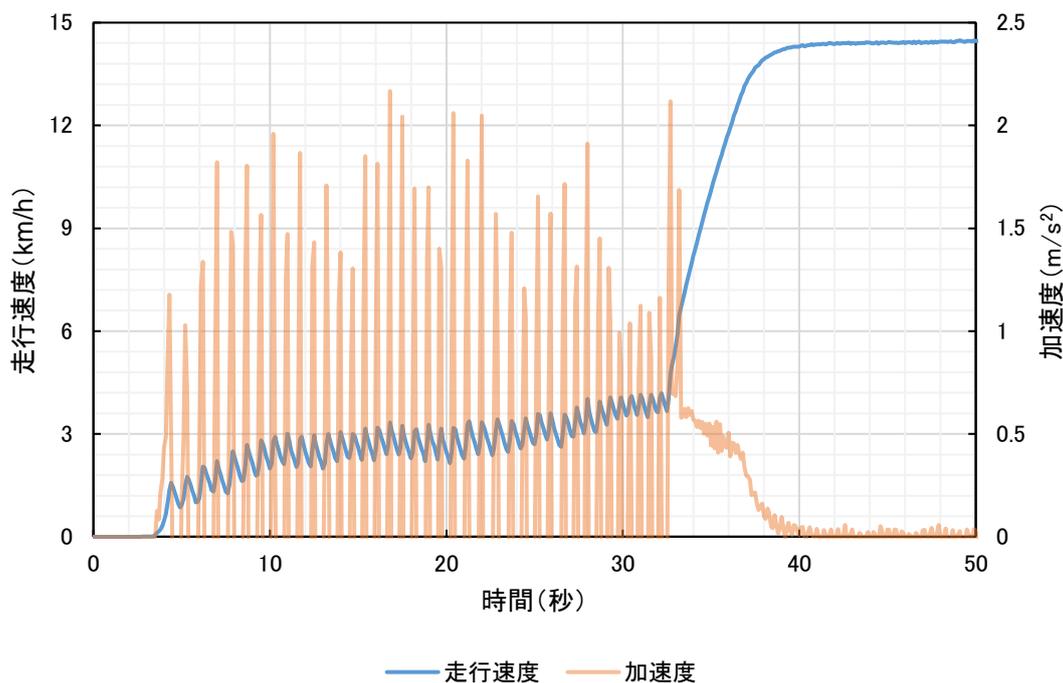


図 10 勾配 0° 設定時の走行速度と加速度の変化の様子

4.4 シャーシダイナモメータを用いた測定と結果（一定速度でローラを回転させる測定）

3.1.4 と同様の測定により、最高速度が任意の速度以下であるかどうかを測定した。実使用の状況に近づけるため、総質量が 75 kg となるように車両のデッキ部中央におもりを載せた。等価慣性質量は車両の質量とおもりの合計より 75 kg とした。20 km/h でシャーシダイナモメータのローラを回転させ、電動キックボードの加速装置を起動させたときの測定結果を図 11 に示す。起動のタイミングは測定開始後 30 秒とした。

図 11 より、20 km/h の状態で加速装置を起動してもローラが負荷する力は変わらない、すなわち 20 km/h 以上の加速ができないことが分かった。これは最高速度が駆動輪に負荷がない時で約 18 km/h、負荷があるとき（乗員が搭乗し、路面走行しているとき）で 14 km/h～15 km/h 程度であることから当然の結果である。

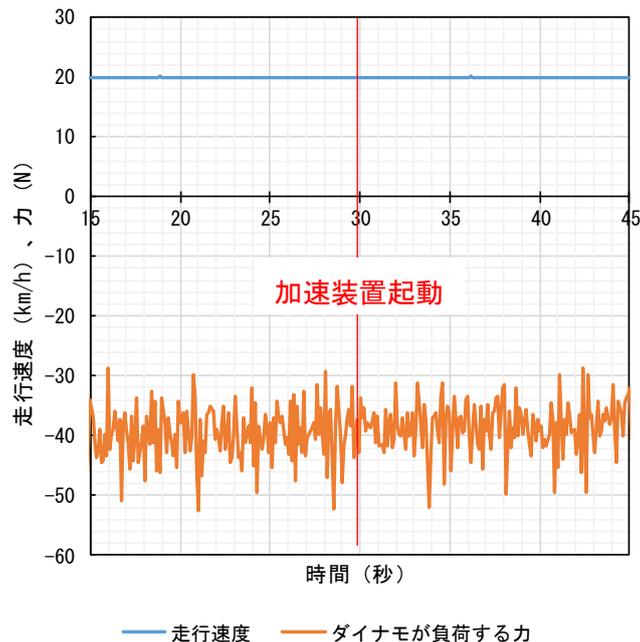


図 11 ウォークアシスタンスモード起動時の変化の様子

5 まとめ

・ウォークアシスタンスモードを起動、最大設計速度 6 km/h まで速度増加の確認

実走行による測定は実際の使用状況がほぼ再現できるが、走行中は測定者が車両を操作する必要があり、測定者の挙動が試験結果に影響を及ぼす。速度測定区間が長いほど影響が大きくなると考えられる。

車輪に負荷を加えないスタンド試験での最高速度の測定は容易に可能であるが、実使用状況と異なり後輪に負荷がかからないため、最高速度は他の測定と比較し、大きめの値となる。また、ウォークアシスタンスモード時の電動機の制御方法によっては走行速度が実走行時よりもかなり大きくなる。

シャーシダイナモメータによる測定では、駆動輪に負荷する走行抵抗と最高速度の関係が測定可能である。走行抵抗を実使用時相当にすれば、実走行測定に近い測定結果が得られる。ただ、実使用時の走行抵抗をどのようにするかを検討する必要がある。また、シャーシダイナモメータのローラを規定速度に回転させたときのウォークアシスタンスモードの挙動を測定すれば、ウォークアシスタンスモードで要求される最高速度を超えていない、という合否判定が可能である。

・ウォークアシスタンスモード解除後、速度が 0 km/h に徐々に減少するか確認 及びウォークアシスタンスモードを起動、1 分間維持、速度が 6 km/h 以下の確認

本報告では実走行での定量的な測定は実施していない。スタンド試験やシャーシダイナモメータによる測定では定量的な測定が可能であったが、回転計を用いて速度が 0 km/h に徐々に減少するかを確認する場合、車輪が 1 回転する前に停止してしまうと、「徐々に」の

確認ができない可能性がある。

以上より、ウォークアシスタンスモードの各測定方法による測定結果は同じにはならず、測定難易度なども含め、一長一短であることが分かった。実際に試験方法を定めて運用する場合には、実走行による測定では測定者によるばらつきを極力減らす方法を採用する必要がある。また、シャーシダイナモメータを用いる測定では、走行時に生じる走行抵抗（駆動輪以外のタイヤの転がり抵抗、空気抵抗など）をきちんと定義する必要があることに加え、当所所有のものでは等価慣性質量の最低値が 75 kg のため、加減速状況の測定は 75 kg の車両への負荷状態を再現することになり、そのままの測定結果を用いることはできない。

他に現実的な話としては、車両の電源状態も最高速度に影響するため、短時間で測定できる試験方法が望ましい。また、今回の検証では後車軸合力発生型（ハブモータ後輪駆動方式）の車両を用いたが、クランク軸上合力発生一体型（センターモータ駆動方式）の場合はギヤを介して駆動輪に力が伝わることから、特に変速機を有する車両の場合はギヤ比に応じた測定など、車両に応じた測定も必要となってくる。

加えて、シャーシダイナモメータに取り付け可能な電動キックボードの最高速度測定も同様の測定手順で測定は可能であった。こちらの場合も最高速度を測定するとなった場合には、ウォークアシスタンスモードの測定時と同様、走行時に生じる走行抵抗を定義する必要があるだろう。

参考文献

- 1) 社団法人日本自転車協会、「自転車の安全性向上対策推進に関する調査等事業報告書 電動アシスト自転車—航続距離試験方法」、平成 9 年 6 月
- 2) 日本貿易振興機構、「第三回多様なモビリティ普及推進会会議」用資料『諸外国の電動キックボード関連規制 シンガポール、米国・カリフォルニア州、ドイツ、フランス、オーストリアの例』、2019 年 10 月、
(https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mobility/pdf/003_10_00.pdf)