

自転車関連研究開発普及事業

平成 26 年度事業実施報告書

電動アシスト自転車の評価機器と 品質性能調査方法の検討

平成 27 年 3 月

一般財団法人 自転車産業振興協会 技術研究所

目次

1. 事業実施の背景と目的.....	2
2. 電動アシスト自転車と電動アシスト自転車評価機器.....	3
2.1 電動アシスト自転車.....	3
2.2 電動アシスト自転車評価機器（シャーシダイナモメータ）の概要.....	4
2.3 現在規定されているシャーシダイナモメータを用いた測定項目と規格.....	5
2.4 アシスト比測定の際に測定される主な項目とデータ.....	6
2.5 パラメータのばらつきとアシスト比.....	7
3. アシスト比測定.....	8
4. 動的性能測定.....	10
4.1 ペダル駆動装置を用いた自動測定.....	10
4.2 人漕ぎによる測定とペダル駆動装置を用いた自動測定との比較.....	15
5. パターン走行時の電池の消費量測定.....	21
5.1 人漕ぎによる測定とペダル駆動装置を用いた自動測定との違い.....	22
5.2 電池の消費量のばらつき.....	26
6. まとめと今後の予定.....	27

1. 事業実施の背景と目的

昨今、多種多様な電動アシスト自転車が流通し普及が進んでいる。出荷台数では平成 20 年に原動機付自転車を上回り、その後も国内出荷台数は増加傾向にある。

しかし普及の一方で、様々な課題が生じている。例えば、表向きは電動アシスト自転車として販売されているが、実際は「公道走行できないペダル付き電動 2 輪車」といった類のものが流通している。公道走行可能なものについても補助駆動（以下、アシスト）のタイミングに違和感があるようなものや、急発進・急停車などの危険な状況が発生したとの相談事例もある。また、その性能などを検証することでユーザーに対しての注意喚起もなされている^{1)、2)}。重大事故を未然に防ぐためにも、購入前にユーザーに対して使用感などのデータ提供と、使用時の注意喚起をし、ユーザーもそれを踏まえて安全な場所で練習などを行ってから使用するのが望ましい。

データ提供が必要な一方で、電動アシスト自転車は電気製品の要素を持つため、従来の自転車以上にデータ収集が難しい一面がある。例えば、人力による駆動と電動機によるアシストの比率であるアシスト比の変更などの改造を防ぐために、電気制御などがブラックボックス化しているなどといった点である。品質性能に関する調査を機械的な測定で行おうとすれば、異常を検知する安全装置の解除などの改造が必要となるが、それには製造業者の協力が不可欠となる。しかし国外からも電動アシスト自転車が輸入され製品が多種多様化していることから、電動アシスト自転車の品質性能に関する調査を行うには安全装置解除が不要な評価手法が必要となる。

加えて、電動アシスト自転車を評価する公的検査機関が日本国内では一カ所のみであり、製品の安全性や性能確保をより一層図るために複数の機関が評価機器を持つことが業界内で要望されてきた。

これらの背景をもとに、当所では平成 26 年度に電動アシスト自転車の評価機器を導入し、調査を行った。本報告書では以下の内容について報告する。

- ・評価機器（電動アシスト自転車用シャーシダイナモメータ）の概要
- ・電動アシスト自転車のアシスト比測定
- ・電動アシスト自転車の動的性能測定（自動測定、人漕ぎ測定）
- ・電動アシスト自転車のパターン走行時の電池の消費量測定（自動測定、人漕ぎ測定）

2. 電動アシスト自転車と電動アシスト自転車評価機器

2.1 電動アシスト自転車

電動アシスト自転車は、人力駆動である自転車に電動機によるアシストを加えたものであり、その比率が最大で 人力：補助＝1：2 となっているなど道路交通法で定められた基準を満たせば、自転車として使用することができる。

アシスト方法は大きく分けて3種類あり、図1に示すように、ボトムブラケット付近に搭載されたモーターによりチェーンに駆動力を付与するセンターユニット方式と、前輪や後輪ハブに直接モーターが組み込まれているハブモーターを採用しているものがある。現状センターユニット方式が主流であるが、ハブモーターについては製品への取り付けが比較的容易である点やブレーキ時の回生機能も付与できるため、今後増える可能性もある。

アシスト方法以上にアシストの制御方式は様々である。トルクや車速などのセンシング方式の違いや使用用途や銘柄別にアシスト制御を変えるなど、各メーカー・各銘柄で多種多様であるが、カタログに記載されている内容以外にその詳細を知ることはできない。また同一機種であっても、乗員、路面状況でアシスト感が変わることもある。その他、通常の一一般用自転車と同様、タイヤ空気圧や各部品の状態などでもアシスト感は変わる。

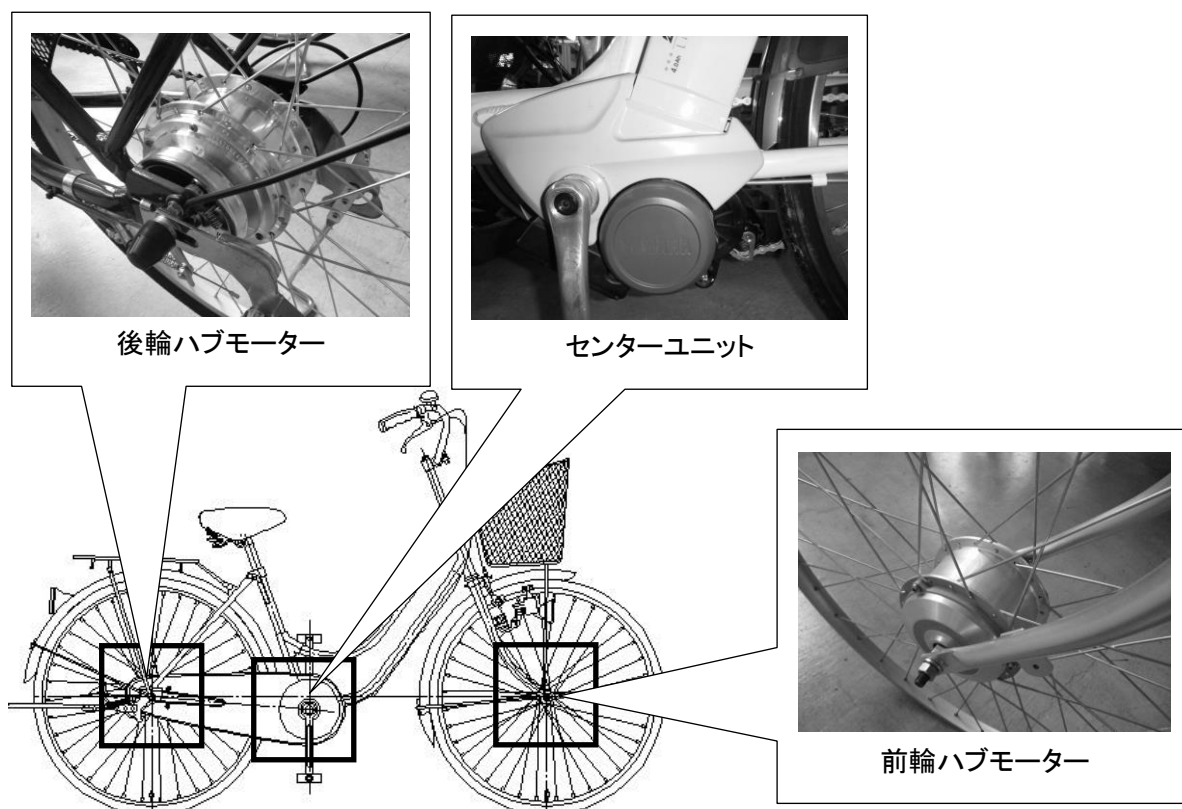


図1 アシスト方法とモーター取付位置の例

2.2 電動アシスト自転車評価機器（シャーシダイナモメータ）の概要

自転車は人間が主な動力源であるため、標準的な使用状況が定義しづらく、走行性能などを評価するのが難しい。そこにアシスト機能が加わるとさらに話が複雑になる。走行性能に関して測定するには、最低限、人間の動力や路面状況を機械的に制御し、測定状況に再現性を持たせる必要がある。

電動アシスト自転車のアシスト比や電池性能に関するデータ測定には JIS D 9115 : 2013（電動アシスト自転車—設計指針）に記載されている「シャーシダイナモメータ」と呼ばれる装置を用いる。シャーシダイナモメータは、元々は自動車、自動二輪車などの動力測定や排出ガスの測定に用いられる装置である。トルク検出器を備えたローラの上に車の駆動輪を乗せ、駆動力でローラを回すことで動力が測定可能である。また、ローラの回転を制御することで実際の路上走行状態や様々な負荷状況を再現できることから、設定した走行条件での排出ガスの測定が可能である。

電動アシスト自転車用シャーシダイナモメータで特有の点としては、主に以下の項目が挙げられる。

- ・電動アシスト自転車の主な動力は「人間」であるため、人力によるクランク回転出力（ペダリングによる力）に相当する力を電動アシスト自転車に付加する必要がある。
- ・電動アシスト自転車の駆動出力は人力による後輪への駆動出力に加え、モーターからの駆動補助出力（アシスト力）が付加されるが、前輪に付加されるものと後輪に付加されるものがある。このため、両方の測定に対応する必要がある。

当会が導入した株式会社小野測器製シャーシダイナモメータは、一般財団法人日本車両検査協会東京検査所（以下、東検）所有のものと同様であり、ペダル入力に相当する駆動装置を備えており、装置への取付方法により前後輪どちらも測定できる機構とした。構成図を図 2 に、外観写真を写真 1 に示す。

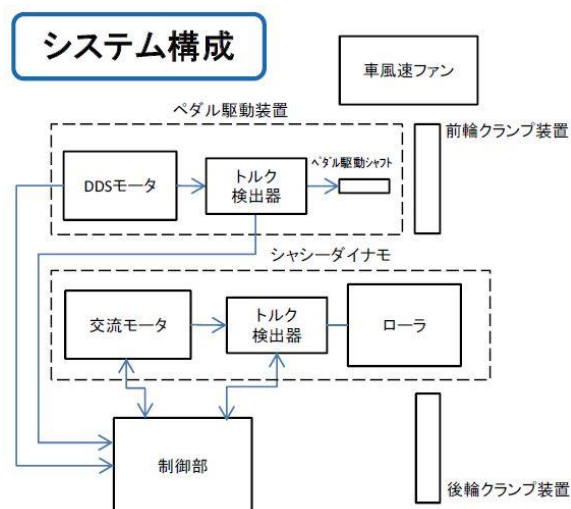


図 2 シャーシダイナモメータ 構成図

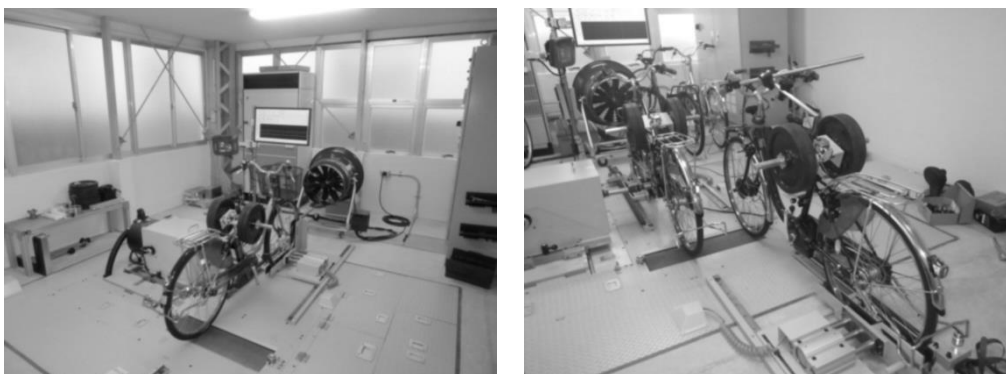


写真 1 シャーシダイナモメータ
(左：後輪駆動補助の測定例、右：前輪駆動補助の測定例)

2.3 現在規定されているシャーシダイナモメータを用いた測定項目と規格

JIS D 9115 : 2013 では電動アシスト自転車の安全性及び利便性を確保するために必要な設計上の要件を、設計指針として規定している。シャーシダイナモメータを使用して測定する項目の代表的なものは、人の力に対する原動機（電動機）を用いて人の力を補う力の比率（アシスト比）であり、道路交通法で定められた基準と同等の内容である「附属書 A（規定）人の力を補う原動機の基準」において、その大きさが定められている。

- ・ 24 km/h 未満の速度で自転車を走行させることとなる場合において、人の力に対する原動機を用いて人の力を補う力の比率が、次の 1) 又は 2) に掲げる速度の区分に応じ、それぞれ 1) 又は 2) に定める数値以下とする。
 - 1) 10 km/h 未満の速度の場合は 2 とする。
 - 2) 10 km/h 以上、24 km/h 未満の速度の場合は、走行速度をキロメートル毎時 (km/h) で表した数値から 10 を減じて得た数値を 7 で除したものを 2 から減じた数値とする。
- ・ 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ものとする。

これをグラフ化すると図 3 で囲まれた範囲となる。例えば 17 km/h で走行時にはアシスト比は 1 以下でなければならない。具体的な測定方法については、国家公安委員会が行う電動アシスト自転車の型式認定の判断基準と同等の内容である「附属書 B（規定）原動機の基準の細目及び時間応答性の基準」に記載されている。

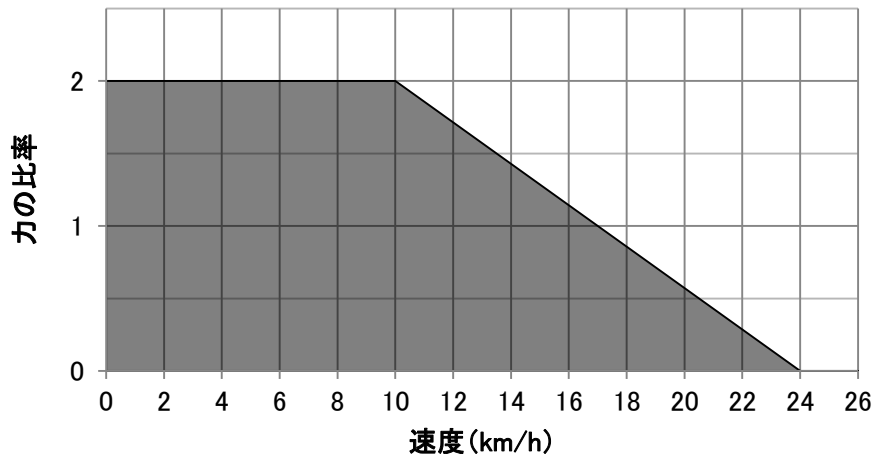


図 3 走行速度とアシスト比の関係

この他、JIS D 9207 : 2000（電動アシスト自転車一充電当たりの走行距離測定方法）では一充電当たりの走行距離の測定方法について、また業界基準である電動アシスト自転車安全基準では前述のアシスト比などの測定に加え、人漕ぎによる一充電当たりの走行距離の測定方法が規定されている。

2.4 アシスト比測定の際に測定される主な項目とデータ

シャーシダイナモメータを使用して測定可能な主なパラメータを表 1 に示す。

表 1 シャーシダイナモメータで測定可能な主なパラメータ

パラメータ	単位	計算式
走行速度	V km/h	
クランク入力回転速度	N r/min	
クランク入力トルク	T N·m	
後輪駆動力	F N	
クランク回転出力(ペダル出力)	$P1$ W	$P1=0.105 \times N \times T$
シャーシのロス馬力	P_{cl} W	
車両の補正後駆動出力(馬力)	$P2$ W	$P2=0.278 \times V \times F + P_{cl}$
駆動補助力の比率(アシスト比)	α なし	$\alpha=(P2-P1) \div P1$

自転車を通常使用する際と同様、クランク入力回転速度 N を調整することで走行速度 V を調整できる。また、後輪駆動力 F はシャーシダイナモメータ側で数値を設定するなどして、任意の路面状況とする。クランク入力トルク T はアシストの作動により減少するため、アシスト比の計測の際に重要となるのは、走行速度を一定にした際に T が安定するかどうか

かである。

シャーシのロス馬力に関しては、シャーシダイナモメータのエネルギーロス以外に、例えば前輪駆動の電動アシスト自転車を測定する際は、ローラに前輪後輪両方載せる必要があるため、前輪の転がり抵抗によるエネルギーロス分なども測定の都度測定しなければならない。

2.5 パラメータのばらつきとアシスト比

測定の際に、主に測定者の差や機差、自転車側の制御などが反映されるのがクランク入力トルク T とシャーシのロス馬力 P_{cl} である。それぞれの値にばらつきを生じさせる主な要因と誤差の目安を表 2 にまとめた。誤差の目安については実際に自転車を用いてシャーシダイナモメータにてペダル駆動装置の取付位置をずらす、タイヤの空気圧を調整する、暖機運転の時間を変えるなどして測定を行った。

表 2 測定ばらつきが生じる主な要因と 10 km/h 以下で生じる誤差の目安

項目	ばらつきを生じさせる要因	生じる誤差の目安
T	シャーシダイナモメータへの組み付け方(クランク軸へのペダル駆動装置取付位置)	中心位置から前後上下方向へのずれが $\pm 10\text{mm}$ の範囲で +2% 程度
	自転車タイヤの空気圧	標準空気圧 300kPa のタイヤで 200kPa のとき ばらつき +5% 程度
	自転車の完成度・アシスト制御の安定性	不明
P_{cl}	暖機運転(暖機運転時間、自転車タイヤの転がり抵抗など)	前輪をローラ上に取り付けた場合、 $\pm 0.7\text{W}$ 程度

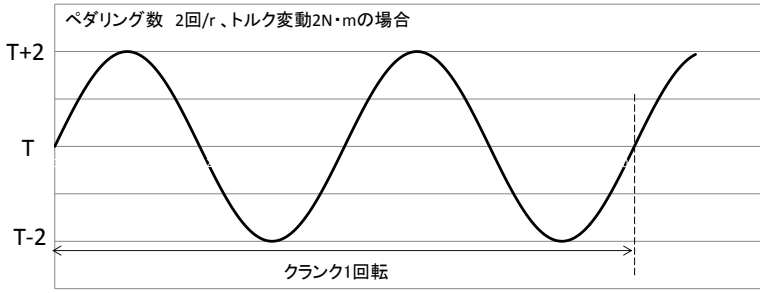
このばらつきがアシスト比に及ぼす影響であるが、アシスト比 α は P_{cl} に比例し、 T に反比例する。仮に走行速度 5 km/h で $P1=14\text{ W}$ 、 $P2=42\text{ W}$ の測定結果が得られた前輪駆動の電動アシスト自転車では、表 2 のばらつきがあるとすれば、測定結果の $\alpha=2$ に対して、最大で $-0.24\sim+0.05$ 程度のばらつきが生じている可能性がある。通常の測定の際には走行速度 5 km/h で $\alpha=2$ の場合、 α に ± 0.1 程度のばらつきがあると考えるのが適当であろう。東検のシャーシダイナモメータと機差確認を行った際も、上記の理由によりアシスト比のばらつきが多少生じることは避けられなかった。アシスト比測定を複数回行い ± 0.1 以上のばらつきが生じるのであれば、自転車の完成度やアシスト制御などの影響が大きいと考えられる。

3. アシスト比測定

電動アシスト自転車を評価するにあたって、アシスト比は重要な項目である。パワフルさを売りにしているものや、乗車感を売りにしているものなど、銘柄によりアシスト比の大小や、走行速度に対しての制御は様々である。それゆえ、アシスト比の数値だけでその良し悪しを評価するのは難しいが、走行性能が数値化されている指標の一つでもある。

本章では、JIS D 9115 : 2013 に定められた方法でアシスト比測定を行った。測定条件を表 3 に示す。供試品については、店頭またはインターネット通販で購入した車輪径 26 インチの電動アシスト自転車 4 銘柄 4 台を用いた。測定結果を図 4 にまとめた。なお、本報告は商品テストを目的とはしていないため、銘柄名などの詳細は公表しない。

表 3 アシスト比測定条件

項目	条件
周囲温度	20±5°C
積載重量	50 kg
ペダル駆動装置運転方式	手動
ペダル駆動装置制御法	定電流制御 (ACR) ただし、異常を検知する安全装置が作動した場合は、下図のようにペダル駆動装置のモーターの回転を定速ではなく正弦波にした。正弦波は 1 回転につき 2 周期、トルク変動値は安全装置が作動しない最小の値 (2 N・m~4 N・m)。 
データ測定時間、測定方法	5 km/h~15 km/h: 10 秒間の平均測定 20 km/h~: 5 秒間の平均測定
走行抵抗	JIS D 9115:2013 附属書 B に規定されている数値 (勾配 0 度相当の設定条件 1、勾配 4 度相当の設定条件 2)

同じ供試品で 3 回測定を行い、その平均値を示した。図 4 より、4 台ともアシスト比は規定値以内であった。各銘柄で走行速度に対するアシスト比の分布は若干異なっており、銘柄ごとの設計思想の違いが反映されていると言える。

各銘柄で得られたアシスト比について、標準偏差 σ を表 4 にまとめた。n=3 であるため、あくまで参考ではあるが、0.1 未満であることが多かった。しかし、条件によっては 0.1 以上となるものもあり、アシスト制御の安定性が測定結果に影響したと考えられる。

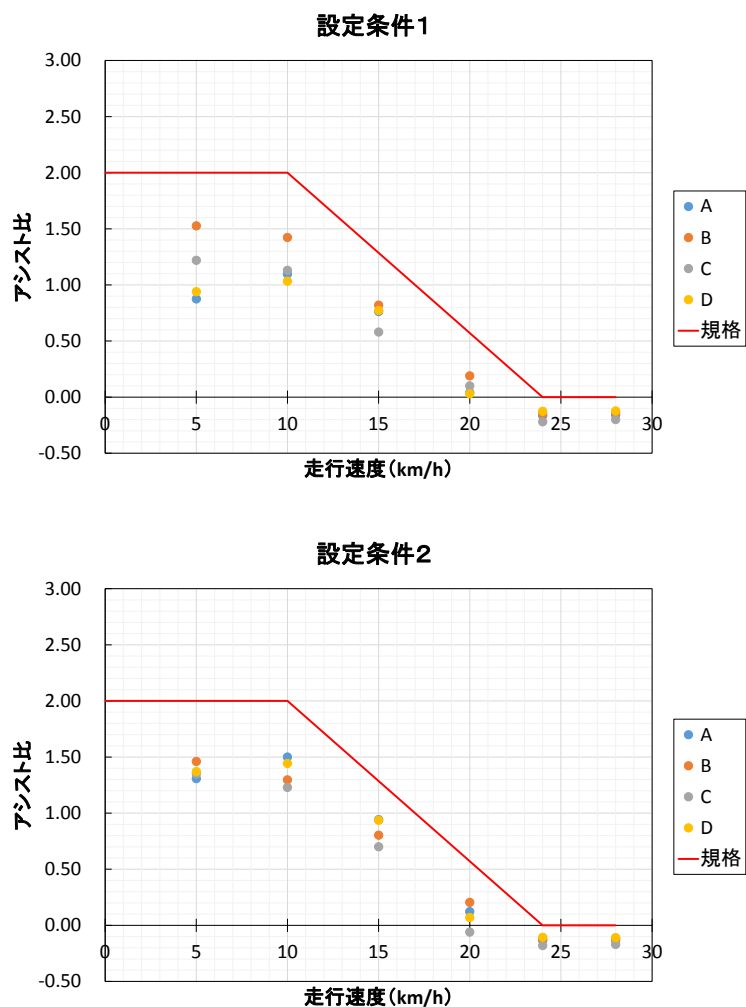


図 4 アシスト比測定結果（平均値）

表 4 アシスト比の標準偏差

走行速度 (km/h)	設定条件1				設定条件2			
	A	B	C	D	A	B	C	D
5	0.06	0.02	0.02	0.07	0.01	0.01	0.07	0.09
10	0.03	0.07	0.06	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07
15	0.03	0.08	0.05	0.09	0.03	0.05	0.01	0.05
20	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.15	0.20	0.04
24	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
28	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
n	3	3	3	3	3	3	3	3

4. 動的性能測定

前章で調べたアシスト比以外に、アシスト制御の応答性といった動的性能も電動アシスト自転車の評価する上で重要な項目である。動的性能の評価については、JIS D 9115 : 2013 の附属書 B に官能検査による検査が規定されているが、判定に個人差やばらつきのない定量的な検査を行うためには、機械的な測定が必要である。本章では、シャーシダイナモメータを用いた自動測定と人漕ぎによる測定で、ペダル出力に対する馬力（駆動出力）の時間変化などの動的性能を測定した。供試品には前章のアシスト比測定で用いた 4 銘柄 4 台（A～D）を用いた。

4.1 ペダル駆動装置を用いた自動測定

4.1.1 停止状態～加速時

停止状態から加速した際の測定については、表 5 に示す条件 a と b で測定を行った。各供試品、各条件における、ペダル出力と馬力の時間変化グラフを図 5 と図 6 にまとめた。なお、電池については満充電状態、電動アシスト自転車の走行モードについてはアシスト比が最大となるモードにして測定を行った。

表 5 測定条件（停止状態～加速時）

	条件 a	条件 b
勾配	0 度	4 度
目標速度	15 km/h	10 km/h
ペダル駆動装置運転方式・制御	自動・定速度制御 (ASR) ペダル駆動装置のモーターの回転は正弦波 (1 回転につき 2 周期、回転速度変動率 20 %)	
移行加速度 (制御値)	2.0 (km/h)/s (0.56 m/s ²)	
ギヤ比	2.5 に最も近い値	

図 5 と図 6 より全供試品でその応答性を見ることができた。ペダル出力と馬力の波形を比較して、

- ・条件 a、b ともにペダル出力（青線）に対し、馬力（赤線）の周期は同じになっており、急激に馬力が大きくなる、あるいは自走するなどの挙動も見られなかった。
- ・条件 a では漕ぎ出しの際にアシストが作動し、目標速度付近になるとアシストが小さくなった。
- ・条件 b では走行抵抗が大きいため目標速度に達した後もアシストは作動していた。
- ・漕ぎ出しの際、ローラ側の負荷が制御されるまで 1 秒ほど時間を要した。そのため、走行抵抗が大きくなる条件 b では図 6 のグラフの 261 秒付近で馬力が低下した。という特徴が見られた。今回の測定では各銘柄とも同じような振る舞いが見られた。

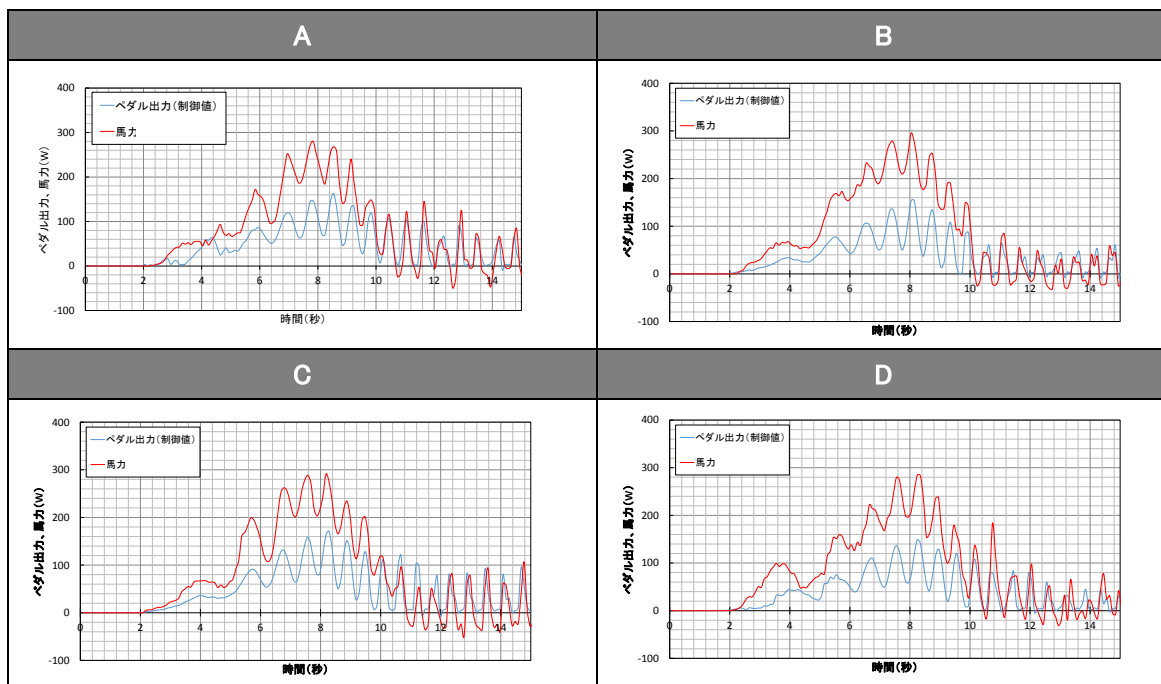


図 5 条件 a でのペダル出力と馬力の時間変化

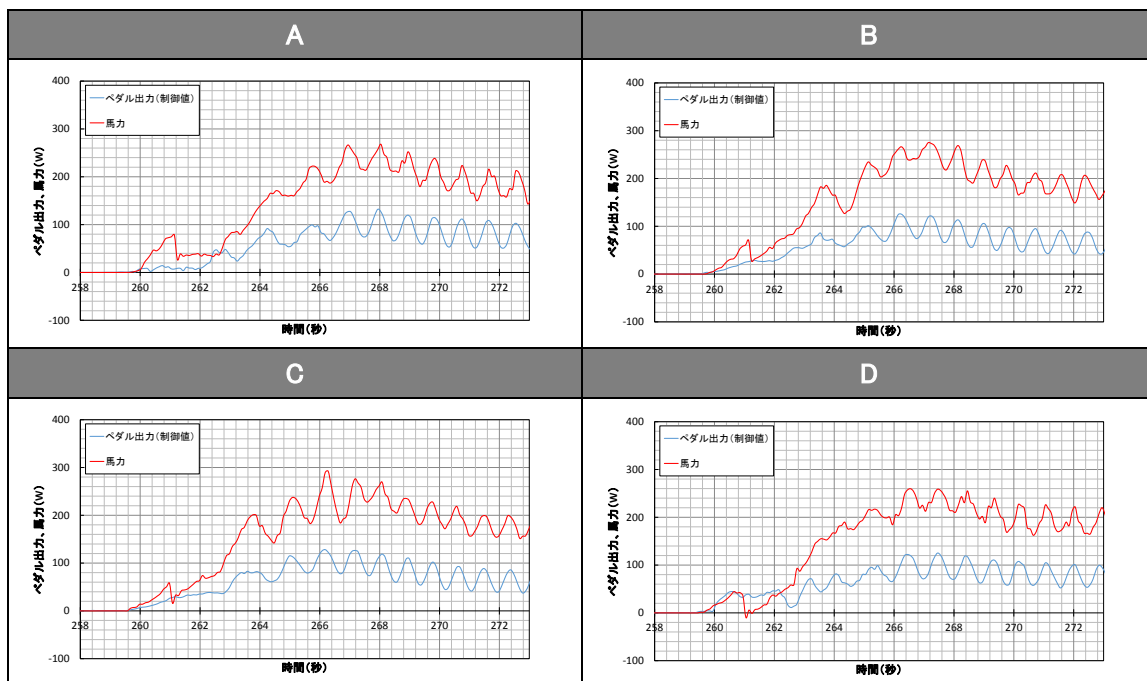


図 6 条件 b でのペダル出力と馬力の時間変化

4.1.2 走行速度一定時

走行速度一定時の測定については、表 6 に示す条件で測定を行った。なお、電池については、前項と同様に電池は満充電状態、走行モードはアシスト比が最大となるモードで測定を行った。

表 6 測定条件（走行速度一定時）

	条件 c	条件 d
勾配	0 度	4 度
走行速度	15 km/h	10 km/h
ペダル駆動装置運転方式	自動・定速度制御(ASR)ペダル駆動装置のモーターの回転は正弦波(1 回転につき 2 周期、回転速度変動率 20%)	
ギヤ比	2.5 に最も近い値	

各供試品における、条件 c、d でのペダル出力・馬力の時間変化グラフと頻度解析結果を図 7 と図 8 にまとめた。今回の測定では走行距離を約 1 km としたため、その間の波形のピーク値を頻度解析することでどのような挙動が見られるかを調べた。頻度解析については速度が一定となった範囲（条件 c は約 220 秒間、条件 d は約 320 秒間）について極大・極小値法で行った。まず条件 c で走行したときは、以下の特徴が見られた。

- ・ 走行抵抗が小さく、走行速度が大きいこともあり、アシストがほとんど作動していない銘柄もあった。頻度解析の結果からも、供試品 B、C のようにペダル出力と馬力のヒストグラムがあまり変わらないものと、供試品 A、D のようにアシストがわずかに作動するため馬力の振幅の大きさが一定ではないものがあつた。
- ・ ペダル出力に対し、馬力の周期は同じになっており、急激に馬力が大きくなる、あるいは自走するなどの挙動は見られなかった。

次に、条件 d で走行したときは、

- ・ 走行抵抗が大きいため全銘柄でアシストが作動しており、全て似たような波形となっていた。
- ・ ペダル出力に対し、馬力の周期は同じになっており、急激に馬力が大きくなる、あるいは自走するなどの挙動は見られなかった。

という特徴が見られた。今回の測定では条件 c で若干差が出る供試品があつたが、条件 d では大きな差は見られなかった。

以上、条件 a~d でペダル出力と馬力波形を比較し動的性能を測定した。全供試品で大きな差は見られなかったが、走行抵抗が小さく走行速度が大きな状態ではアシスト制御に若干の差が見られた。また、いずれの供試品もアシスト制御が円滑に働き、かつ、安全な運転の確保に支障を生じる挙動は見られなかった。

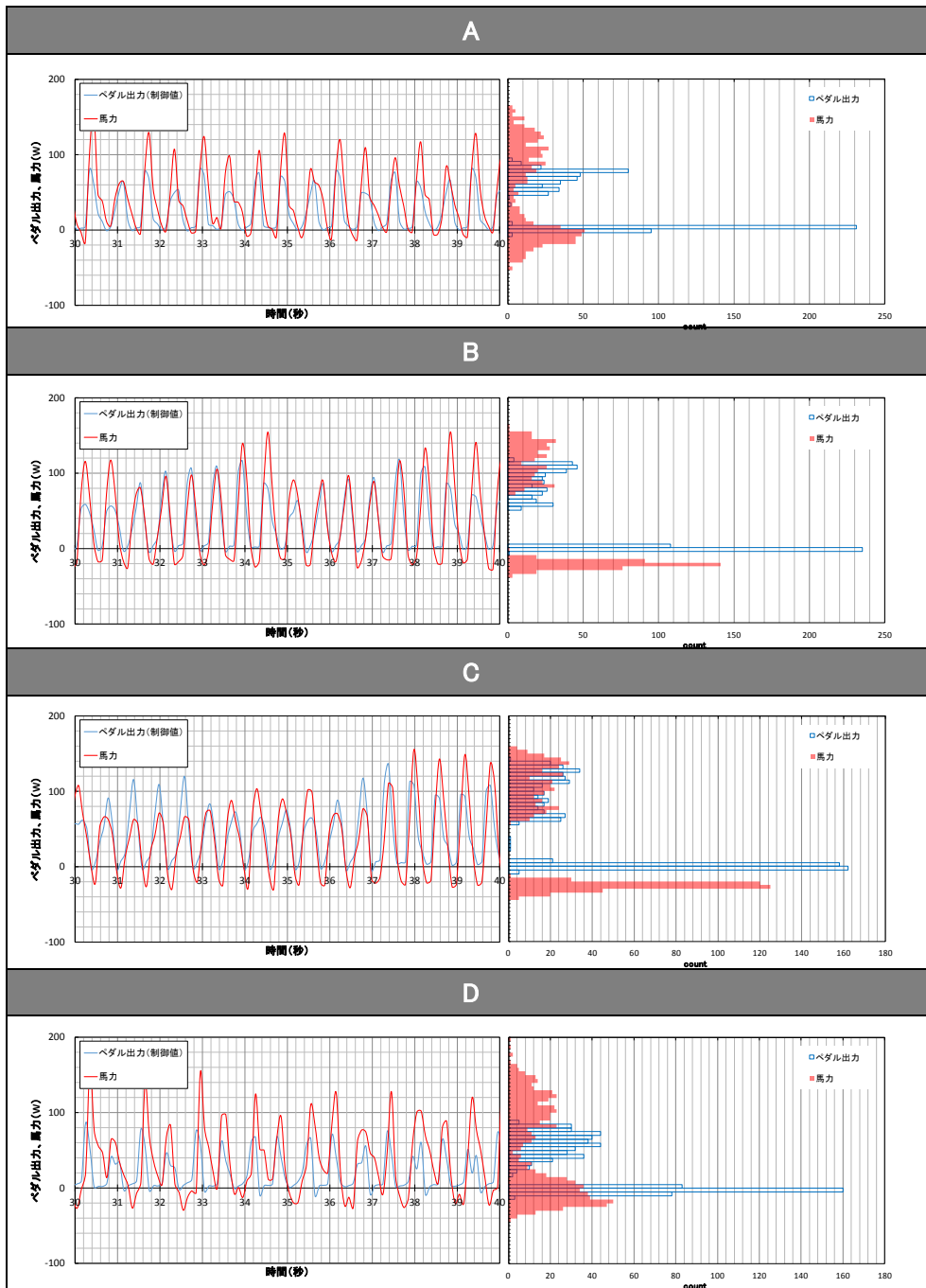


図 7 条件 c でのペダル出力と馬力の時間変化

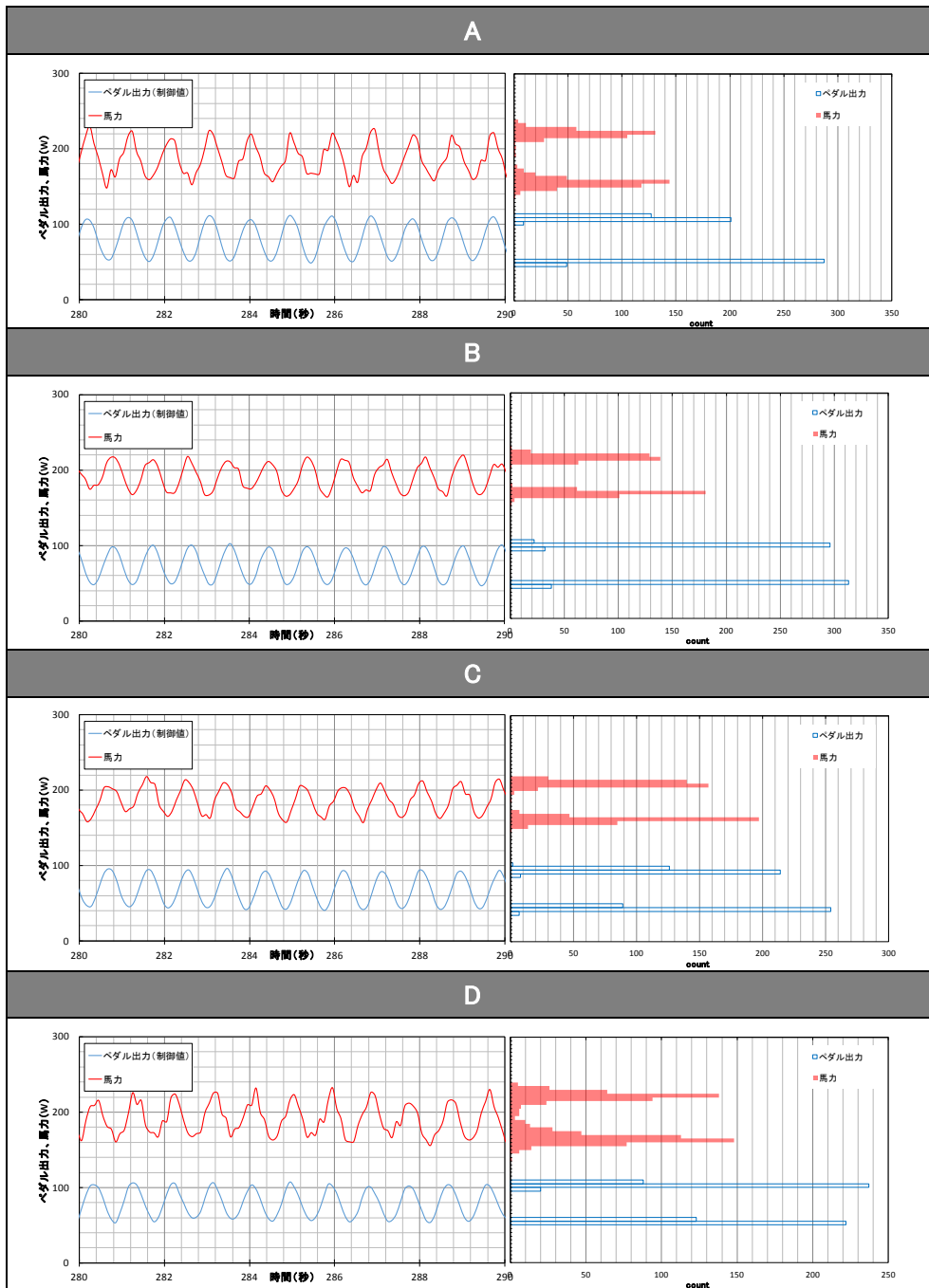


図 8 条件 d でのペダル出力と馬力の時間変化

4.2 人漕ぎによる測定とペダル駆動装置を用いた自動測定との比較

これまで、ペダル出力をシャーシダイナモメータのペダル駆動装置を用いて発生させていたが、本項では実際に人が漕いだ際のアシスト制御の様子を調べた。表 7 に示す停止状態～加速時と走行速度一定時の条件で測定を行った。自動測定時と同様に電池は満充電状態、走行モードはアシスト比が最大となるモードで測定を行った。

条件 a'～d'での馬力の時間変化グラフを図 9～図 12 にまとめた。人漕ぎ測定と自動測定を比較するため、4.1 で測定した条件 a～d での馬力をあわせて示した。また、c'と d'については頻度解析結果もまとめた。頻度解析は前項と同様に速度が一定となった範囲（条件 c'は約 220 秒、条件 d'は約 320 秒間）について極大・極小値法で行った。

表 7 測定条件（人漕ぎによる測定）

	停止状態～加速時		走行速度一定時	
	条件 a'	条件 b'	条件 c'	条件 d'
勾配	0 度	4 度	0 度	4 度
目標速度	15 km/h	10 km/h	15 km/h	10 km/h
ペダル駆動	人漕ぎによる測定、乗員身長 170 cm・体重 67 kg			
ギヤ比	2.5 に最も近い値			

まず、条件 a'と b'で走行したときに見られた特徴としては、

- ・全供試品で、馬力の波形が自動測定時（赤線）と人漕ぎ測定時（黒線）で異なり、自動測定では漕ぎはじめ（測定開始から約 2 秒後）から馬力がピークに達するまでの時間が 5～6 秒程度であったが、人漕ぎでは 2～3 秒程度であった。
- ・目標速度に達するまでに要する時間は、人漕ぎ測定の方が短かった。

が挙げられる。この要因としては、自動測定では移行加速度が 0.56 m/s^2 となるよう制御したが、人漕ぎの場合は加速度の制御ができなかったことが考えられる。例として図 13 に供試品 A の条件 a'での加速度の時間変化（供試品 A）を示すが、動き出した際に加速度が急激に大きくなり、馬力も大きくなり、加えて目標速度まで達する時間も短くなったと考えられる。

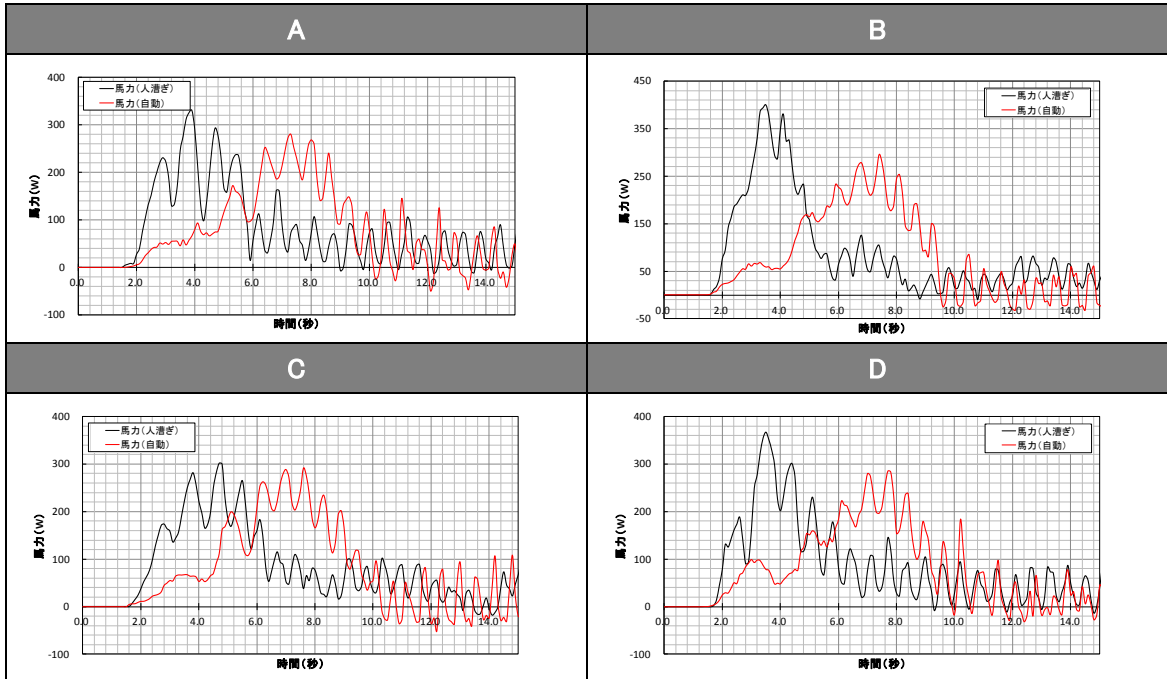


図 9 条件 a' での馬力の時間変化

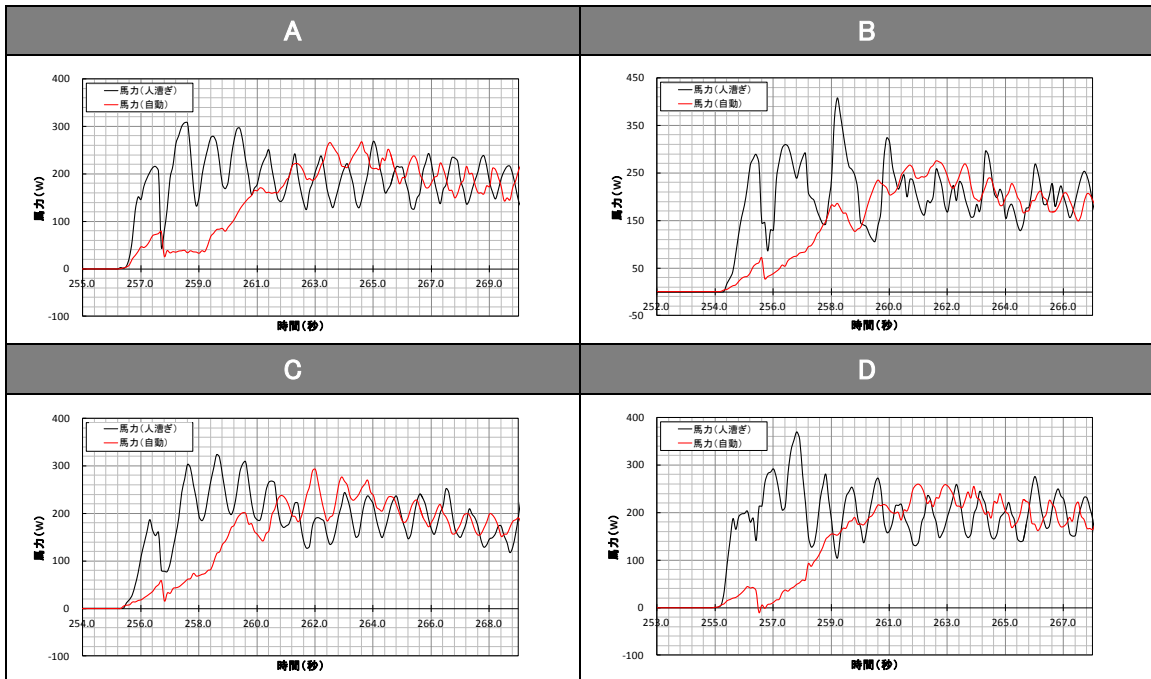


図 10 条件 b' での馬力の時間変化

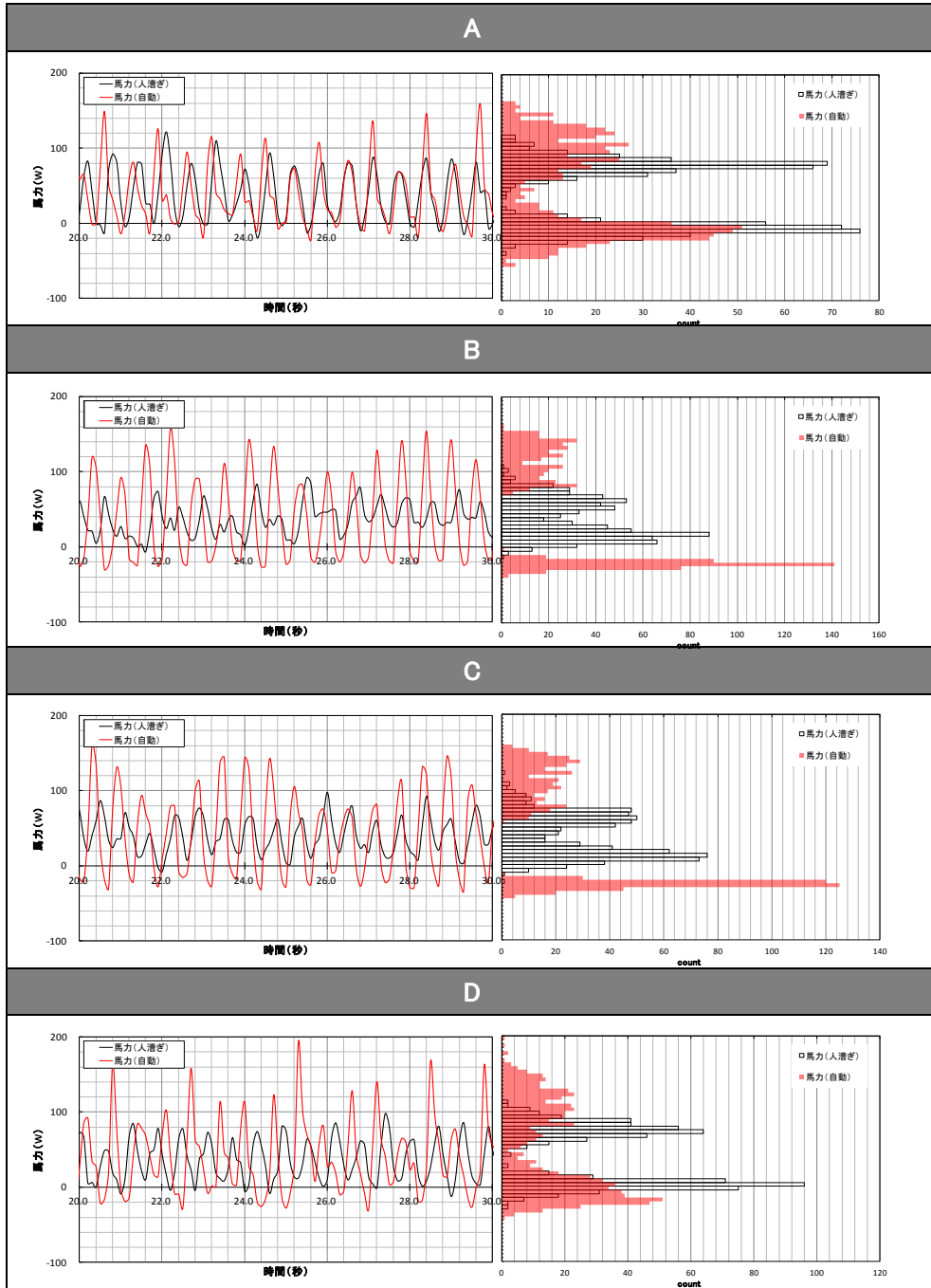


図 11 条件 c' での馬力の時間変化

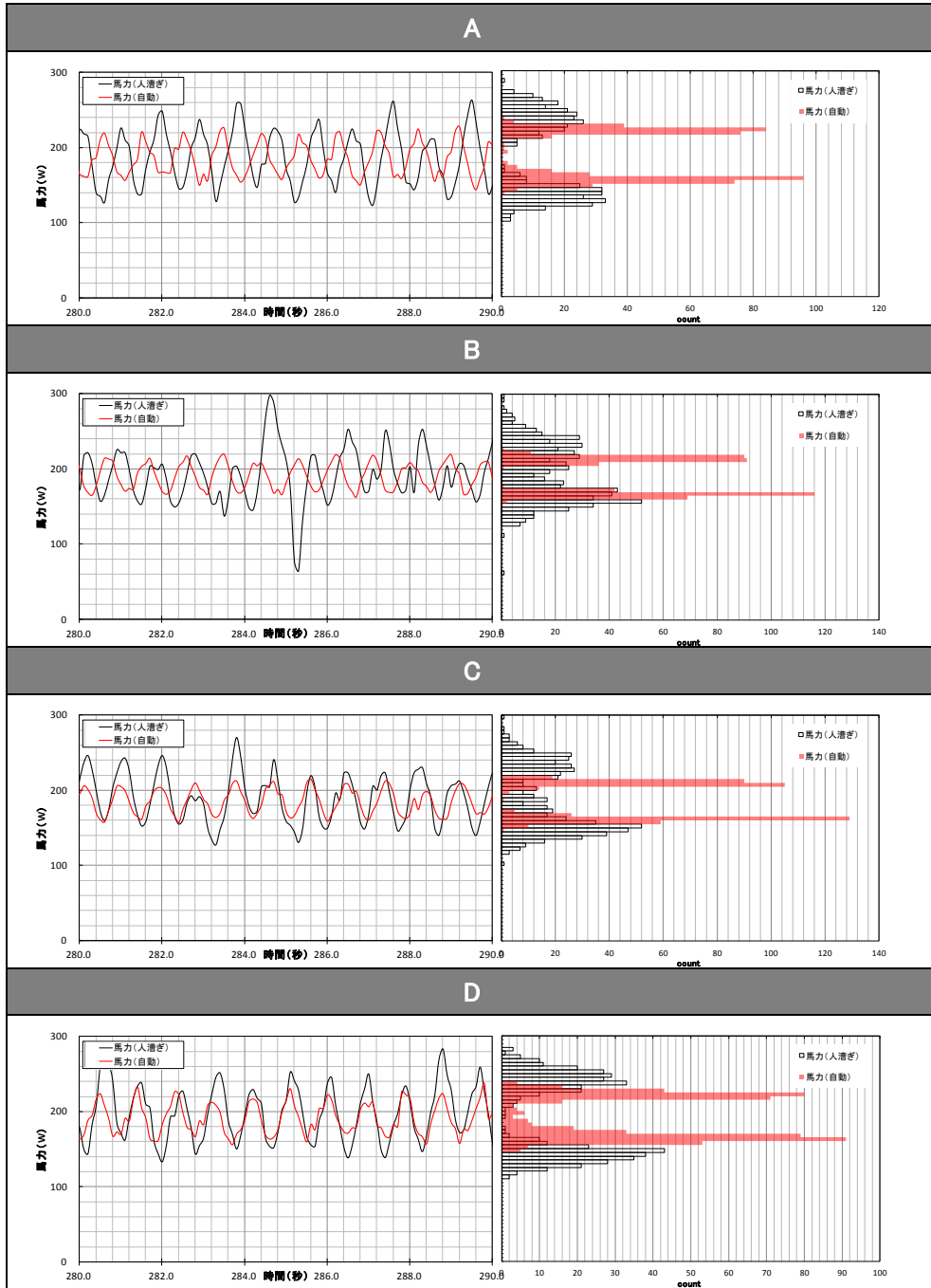


図 12 条件 d' での馬力の時間変化

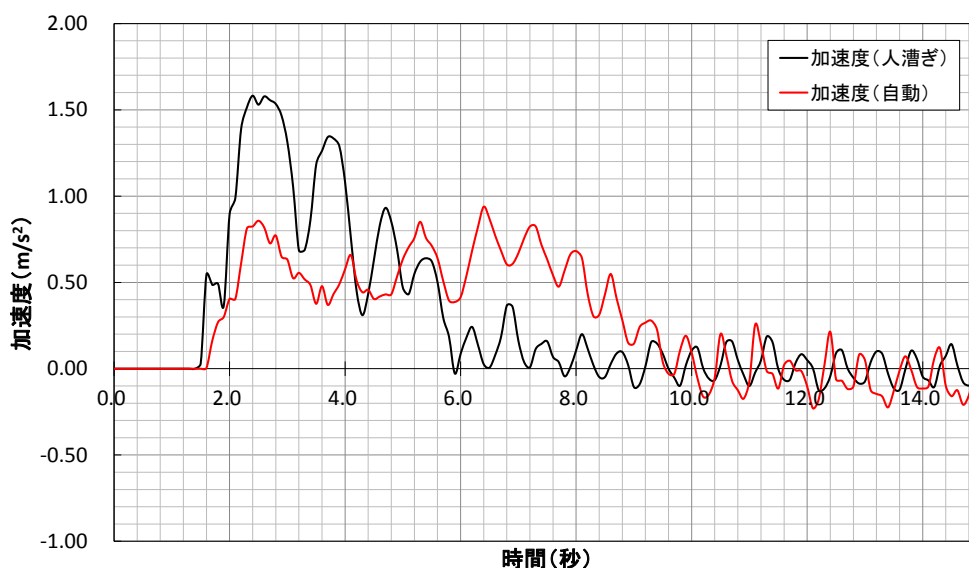


図 13 条件 a' での加速度の時間変化 (供試品 A)

次に条件 c'で走行したときに見られた特徴としては、

- ・自動測定時と比較し馬力の振幅が小さくなる傾向があった。ヒストグラムからもその傾向が見られ、走行速度一定になった際には継続してこの傾向があった。
- ・自動測定時とは異なり、人漕ぎの際、供試品 B、C では馬力の振幅の大きさが若干不安定となり、供試品 A、D では比較的安定していた。

が挙げられる。この要因については定かではないが、ペダル出力が安定していてもアシスト制御が安定しているとは限らないと言える。

最後に、条件 d'で走行したときは、

- ・自動測定時と比較しすべての銘柄で馬力の振幅が大きくなる傾向があり、自動測定時よりも馬力の振幅の大きさが不安定であった。

といった特徴が見られた。図 14 に示した供試品 A の加速度の時間変化からわかるように、人漕ぎ測定時は自動測定時に比べ加速度の振幅が大きく不安定になっていた。走行抵抗が大きく、アシスト制御が作動しているといえ、踏み込んでペダリングする必要があるため、加速度が不安定になるが、今回の乗員の場合は左ペダル踏力が大きくなる傾向があり、それも影響した可能性もある。

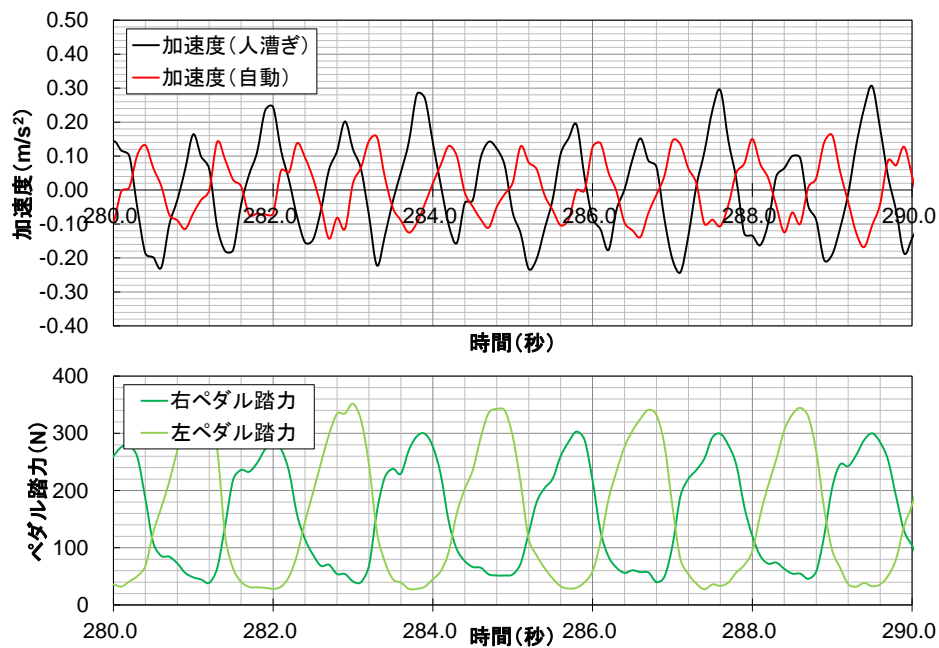


図 14 条件 d' での供試品 A の加速度とペダル踏力の時間変化

本項では自動測定時と人漕ぎ測定時に生じる馬力波形などの違いを調べたが、銘柄によりペダル出力に対する馬力波形の挙動には違いが見られた。馬力の大きさや安定性については測定条件によってその傾向が変わることがあるため、自動測定を実現するには様々な銘柄に対して同じ測定ができるよう、条件設定の検討が必要だと考えられる。

5. パターン走行時の電池の消費量測定

一充電あたりの走行距離については、前述のとおり、JIS D 9207 : 2000 や（一社）自転車協会の電動アシスト自転車安全基準にて測定方法が定められている。現状後者が主流となっており、決められた走行パターンで実際に電動アシスト自転車を人が漕いで走行した際の電池容量あるいは電力の消費量から計算する。走行パターンについては、取扱説明書に図 15 のような形で書かれている場合もある。



図 15 標準パターンの図示の例

人漕ぎによる測定方法は実際に近い使用状況を再現しているが、一方で乗員の差が測定結果にも反映されると考えられる。再現性のある測定を行うには、一定条件で自動測定できるのが望ましいが、機械による人漕ぎペダリングの再現の難しさや、シャーシダイナモの制御と電動アシスト自転車の制御がぶつかり、振動（ハンチング）が生じるなどの課題がある。そのため JIS D 9207 : 2000 の自動測定は測定のハードルが非常に高い試験となっており、現状一充電あたりの走行距離測定は電動アシスト自転車安全基準の人漕ぎによる測定が主流となっている。

本章では、当所の評価機器を使って現状測定可能な項目で、アシスト比測定や動的性能測定で用いた4銘柄4台を含めた10銘柄10台について人漕ぎ測定と自動測定の違いを調べ、将来的に自動測定が可能かどうかを調べた。

5.1 人漕ぎによる測定とペダル駆動装置を用いた自動測定との違い

本項では、電動アシスト自転車安全基準に定められた標準パターンと4度登坂連続パターンの人漕ぎによる電池の消費量測定のほか、ペダリングに似た出力をペダル駆動装置のモーターにて再現し、同様のパターン走行を行った際の電池の消費量を測定した。測定条件を表8に示す。

表8 測定条件（一充電当たりの電池の消費量）

	人漕ぎ	自動																														
勾配・ 走行速度・ 走行距離・ 変速段	・電動アシスト自転車安全基準の標準パターン																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>順番</th> <th>走行路</th> <th>勾配</th> <th>速度</th> <th>距離</th> <th>変速段</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>平坦路</td> <td>0度</td> <td>15 km/h</td> <td>1 km</td> <td>最大の変速段</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>上り坂</td> <td>4度</td> <td>10 km/h</td> <td>1 km</td> <td>(注1)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>平坦路</td> <td>0度</td> <td>15 km/h</td> <td>1 km</td> <td>最大の変速段</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>下り坂</td> <td>4度</td> <td>20km/h(注2)</td> <td>1 km</td> <td>最大の変速段</td> </tr> </tbody> </table>		順番	走行路	勾配	速度	距離	変速段	1	平坦路	0度	15 km/h	1 km	最大の変速段	2	上り坂	4度	10 km/h	1 km	(注1)	3	平坦路	0度	15 km/h	1 km	最大の変速段	4	下り坂	4度	20km/h(注2)	1 km	最大の変速段
	順番	走行路	勾配	速度	距離	変速段																										
	1	平坦路	0度	15 km/h	1 km	最大の変速段																										
	2	上り坂	4度	10 km/h	1 km	(注1)																										
3	平坦路	0度	15 km/h	1 km	最大の変速段																											
4	下り坂	4度	20km/h(注2)	1 km	最大の変速段																											
<small>※各走行路の間では、10秒間の停止を入れる</small>																																
・電動アシスト自転車安全基準の4度登坂連続パターン																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>順番</th> <th>走行路</th> <th>勾配</th> <th>速度</th> <th>距離</th> <th>変速段</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>上り坂</td> <td>4度</td> <td>10 km/h</td> <td>1 km</td> <td>(注1)</td> </tr> </tbody> </table>		順番	走行路	勾配	速度	距離	変速段	1	上り坂	4度	10 km/h	1 km	(注1)																			
順番	走行路	勾配	速度	距離	変速段																											
1	上り坂	4度	10 km/h	1 km	(注1)																											
	<small>(注1) 上り坂の変速段は、最大変速段が奇数の場合、最大変速段数を2で除した数字を切り上げた整数の段とする。最大変速段が偶数の場合、最大変速段数を2で除した数字に1を加えた整数の段とする。最大変速段数が2以下の場合は下の段とする。</small>																															
	<small>(注2) 回生機能を有する電動アシスト自転車で、20 km/hに達しない又は一定速の維持が難しい場合は、下り坂の速度を10 km/h ~ 20 km/hとしてもよい。ただし、速度変動は±20%以下に抑える。</small>																															
電池の 状態	満充電(電動アシスト自転車安全基準では約1/2容量でパターン走行しなければならないが今回は試験条件を揃えるため満充電とした)																															
走行モード	アシスト比が最大となる走行モード																															
ペダル 出力	人漕ぎ 乗員身長 170cm・体重 67kg	ペダル駆動装置による自動運転・定速度制御(ASR)ペダル駆動装置のモーターの回転は正弦波(1回転につき2周期、回転速度変動率20%)																														

図 16 に標準パターン1サイクルあたりの消費電池容量、図 17 に4度登坂連続パターン1サイクルあたりの消費電池容量を示すが、自動測定と人漕ぎ測定の電池の消費量の大小は、銘柄により様々であった。図示していないが消費電力量も同様の傾向が見られた。

自動測定と人漕ぎ測定で相関の有無を調べるため、全供試品における各パターン走行時の自動測定時と人漕ぎ測定時の消費電池容量と消費電力についての相関図を図 18 に示した。自動測定時の消費電池容量・消費電力と人漕ぎ測定時の消費電池容量・消費電力については相関が見られ、切片ゼロで線形近似させたときの相関係数は標準パターンで概ね 0.95 程度、4度登坂連続パターンで 0.98 程度となった。自動測定時のほうが消費電池容量や消費電力が大きくなる、すなわち一充電当たりの走行距離が短くなる傾向があった。

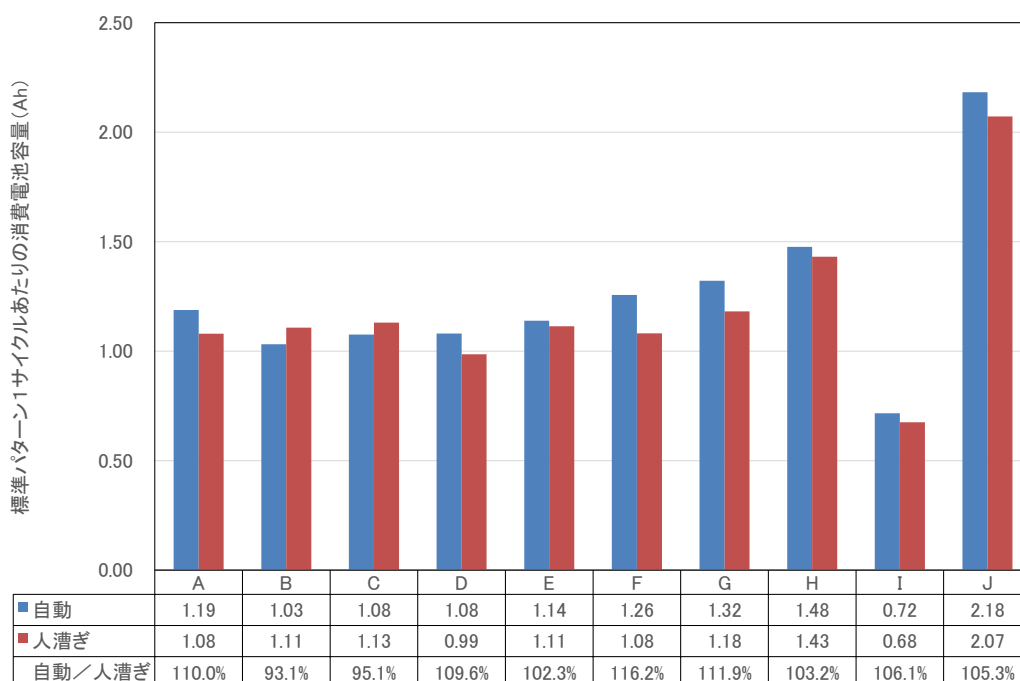


図 16 標準パターン1サイクルあたりの消費電池容量

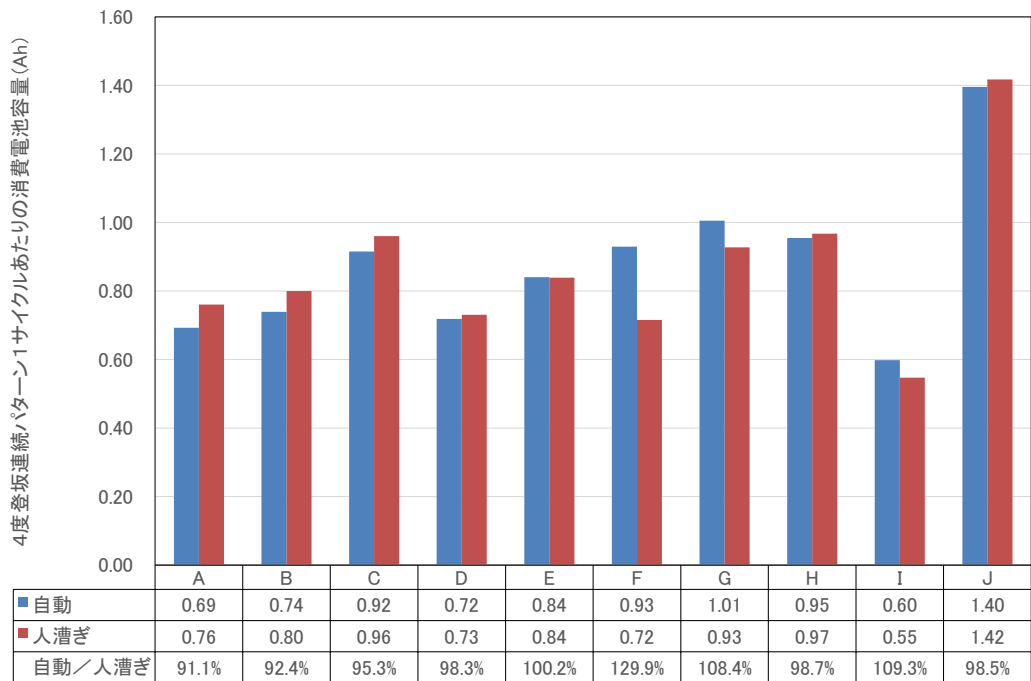


図 17 4度登坂連続パターン1サイクルあたりの消費電池容量

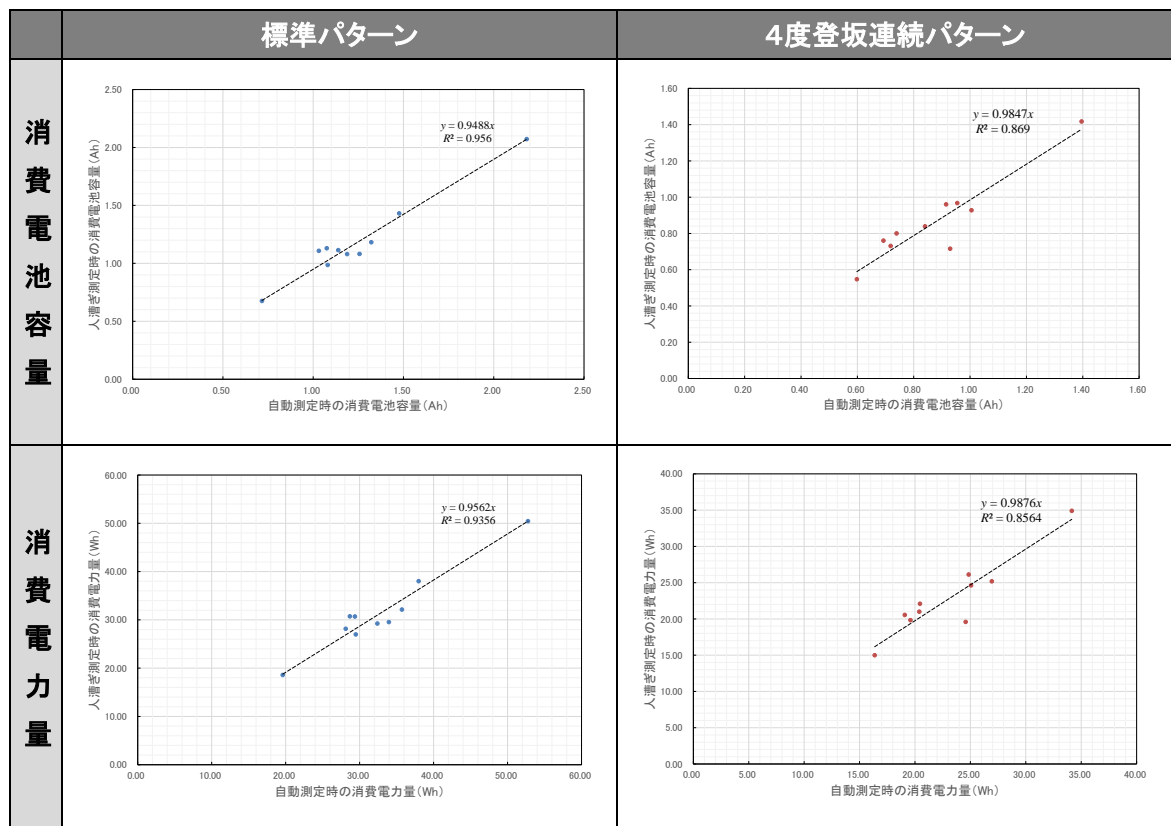


図 18 各パターン走行時における自動・人漕ぎ測定時の消費電池容量・電力量の分布

次にパターン走行時のどの区間で電池が消費されているかを調べるため、表 9 に走行距離ごとの電池の消費量をまとめた。自動測定と人漕ぎ測定でほぼ同程度電池が消費する区間もあったが、差が大きな区間もあった。斜字部分は、各供試品の自動測定と人漕ぎ測定との差が最大となる区間を示しているが、各供試品で傾向が分かれた。

例えば、比較的差が大きかった供試品 A、D については、勾配 0 度の状況で人漕ぎ測定の方が電池の消費量が小さかった。図 19 に供試品 A の勾配 0 度の際の自動測定と人漕ぎ測定時の電流値と馬力の時間変化の様子を示すが、人漕ぎ測定時の方が、振幅が小さく安定していた。馬力も同様の傾向が見られた。よって、ペダル出力に対するアシスト制御の応答性が電池消費量にも影響していると言える。他の供試品についても、人漕ぎ測定時と自動測定時ではアシスト制御の挙動に若干違いがあることで、電池の消費量に差が生じていた。

表 9 走行距離ごとの電池の消費量

走行距離 走行条件	消費電池容量 (Ah)				消費電力量 (Wh)				
	~1000m	1000m~ 2000m	2000m~ 3000m	3000m~ 4000m	~1000m	1000m~ 2000m	2000m~ 3000m	3000m~ 4000m	
	勾配0度 15km/h	勾配4度 10km/h	勾配0度 15km/h	勾配-4度 20km/h	勾配0度 15km/h	勾配4度 10km/h	勾配0度 15km/h	勾配-4度 20km/h	
A	自動	0.21	0.74	0.22	0.01	6.00	20.16	6.04	0.20
	人漕ぎ	0.16	0.74	0.17	0.01	4.62	19.75	4.54	0.30
B	自動	0.14	0.73	0.15	0.00	4.15	20.22	4.17	0.13
	人漕ぎ	0.16	0.77	0.17	0.01	4.62	21.24	4.60	0.23
C	自動	0.15	0.92	0.15	-0.15	4.35	25.00	4.25	-4.22
	人漕ぎ	0.18	0.92	0.18	-0.15	5.17	24.93	4.98	-4.36
D	自動	0.17	0.72	0.18	0.01	4.88	19.59	4.84	0.16
	人漕ぎ	0.13	0.70	0.14	0.01	3.72	19.15	3.78	0.31
E	自動	0.14	0.85	0.14	0.01	3.84	20.37	3.74	0.15
	人漕ぎ	0.14	0.82	0.15	0.01	3.83	20.22	3.88	0.20
F	自動	0.17	0.92	0.17	0.00	4.71	24.57	4.56	0.10
	人漕ぎ	0.16	0.76	0.15	0.01	4.54	20.43	4.19	0.35
G	自動	0.13	1.02	0.16	0.01	3.74	27.34	4.46	0.16
	人漕ぎ	0.15	0.87	0.15	0.01	4.24	23.32	4.16	0.38
H	自動	0.23	1.00	0.24	0.01	6.21	25.25	6.37	0.14
	人漕ぎ	0.23	0.95	0.24	0.01	6.40	24.64	6.60	0.33
I	自動	0.06	0.60	0.06	0.01	1.59	16.31	1.54	0.16
	人漕ぎ	0.05	0.55	0.07	0.01	1.40	14.92	2.00	0.24
J	自動	0.40	1.37	0.40	0.00	9.88	32.89	9.87	0.10
	人漕ぎ	0.36	1.37	0.33	0.01	8.99	33.11	8.09	0.21

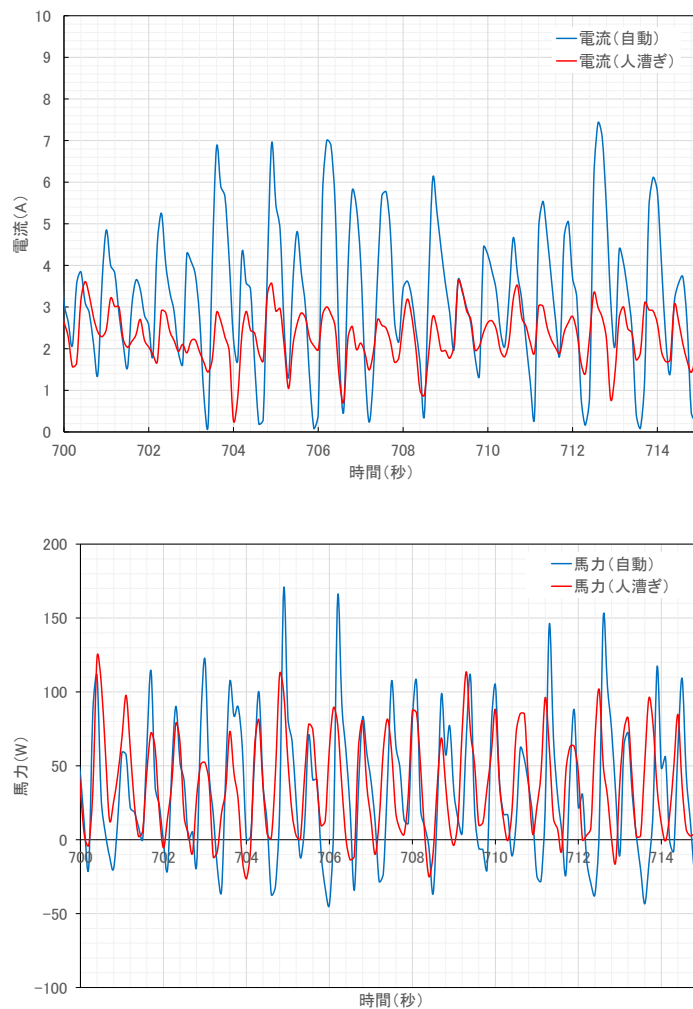


図 19 勾配 0 度の際の自動測定と人漕ぎ測定時の電流値・馬力の時間変化（供試品 A）

5.2 電池の消費量のばらつき

電池の消費容量のばらつきを供試品 A と I で調べた。測定条件は 5.1 の表 8 で示した条件とし、3 回測定を行った。結果を表 10 にまとめた。

表 10 消費電池容量の測定ばらつき

[単位：Ah]

	供試品A		供試品I	
	人漕ぎ	自動	人漕ぎ	自動
1回目	1.08	1.19	0.68	0.72
2回目	1.10	1.19	0.68	0.70
3回目	1.15	1.19	0.68	0.69
平均	1.11	1.19	0.68	0.70
標準偏差	0.03	0.00	0.00	0.01

表 10 より、供試品 A は自動測定の方が、供試品 I では人漕ぎ測定の方が、ばらつきが小さいという結果であった。供試品によってこの傾向は様々であると考えられるが、人漕ぎ測定に比べ自動測定のほうが、電池の消費量が大きくなる傾向は変わらなかった。ペダル出力が安定していても、測定結果が安定するとは限らないことが分かった。

6. まとめと今後の予定

今回の実施内容より得られた結果を以下にまとめる。

- ・ 4 銘柄 4 台の供試品を用いたアシスト比測定では、JIS D 9115 : 2013 の規定値を超える供試品はなかった。また、アシスト比の大きさや値のばらつきなどは各供試品で傾向が若干異なった。
- ・ 4 銘柄 4 台の供試品を用いた動的性能測定では、ペダル出力と馬力の波形比較により、アシスト制御の差を調べることができた。しかし、同様の走行条件下でも自動測定と人漕ぎ測定で同じ結果になるとは限らなかった。
- ・ 10 銘柄 10 台の供試品を用いたパターン走行における電池の消費量測定については、ペダル駆動装置を用いた自動測定の結果と人漕ぎによる測定には差があり、自動測定の方が、電池の消費量が大きくなる傾向があった。電池の消費量の差が大きくなる走行条件や測定のばらつきが生じる条件は、供試品によって異なっていた。

上記結果を踏まえ、今後は、動的性能測定を定量的に行うことが可能な測定条件の調査や、一充電当たりの走行距離測定の自動測定の実用化に向けた調査を行う予定である。

本事業を実施するにあたり、以下により構成する「電動アシスト自転車評価機器開発検討会」を設置し、

一般財団法人日本車両検査協会 パナソニックサイクルテック株式会社
ブリヂストンサイクル株式会社 ヤマハ発動機株式会社 (五十音順)

の協力を得て事業を遂行しました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 東京都生活文化局消費生活部生活安全課. “折りたたみ電動アシスト自転車の安全性”. 東京都生活文化局消費生活部生活安全課. http://www.shouhiseikatu.metro.tokyo.jp/anzen/test/bicycles_press.html, (参照 2014-3-13).
- 2) 独立行政法人国民生活センター. “販売時の表示とは異なり、公道走行できないペダル付き電動2輪車—電動アシスト自転車と外観が類似しているので要注意—”. 独立行政法人国民生活センター. http://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20140320_1.pdf, (参照 2014-3-25).