

# 1. 電気自動車における一充電走行距離試験の短縮方法の検討

環境研究領域  
自動車審査部

※小鹿 健一郎 新国 哲也  
小林 一樹

## 1. はじめに

電気自動車において“一充電走行距離”はその性能を表す重要な諸元の一つである。2009年に市場に投入された電気自動車の一充電走行距離は160km(三菱 i-MiEV)であったが、2013年現在、技術の進歩により、その最長距離は228km(日産 LEAF)まで延伸している。これにともない一充電走行距離測定に要する時間も約1.4倍に増加している。今後も一充電走行距離が延伸した車両が開発されれば、さらに一充電走行距離の測定時間も長くなっていくことが予想される。上記のような技術の進歩に対応した試験方法の開発のために、本研究所では『電動車認証試験法の高度化に関する研究』に平成24度から取り組んでいる。

本報告では、試験時間の短縮方法を考案し、実際の車両を用いて試験法に応用した結果をもとに、その精度および短縮効果について議論する。具体的には、二つの短縮方法(圧縮法と計算法)について取り上げることとし、実際の試験法への応用例として、『“圧縮法”の現行の電気自動車試験法<sup>1)</sup>(TRIAS: Test Requirements and Instructions for Automobile Standards)への応用』、および『“計算法”の現在国連の場で検討されている小型車の世界共通排出ガス試験法<sup>2)</sup>(WLTP: Worldwide harmonized Light-duty Test Procedure)への応用』の二つの例を紹介する。

圧縮法のTRIASへの応用では、TRIAS中で規定された現行のテストサイクルであるJC08をベースに単位時間あたりの消費電力が大きくなるように新規テストサイクルを作成した。本方法は、テストサイクルのみを変更するため、新たな試験装置や試験設備を準備する必要が無いという長所がある。計算法のWLTPへの応用では、『バッテリーの蓄電電力量』と『ある距離を走行するために消費される電力量』の関係に着目し、計算を導入することで、本来二日間必要な一充電走行距離測定を一日に短縮できる試験手順を作成した。バッテリーから消費される電力量を直接計測すると

いう現行法に無い項目を新たに導入することにより、圧縮法よりも大幅な試験時間の短縮が可能になると期待できる。

## 2. 現行試験手順を対象とした試験時間の短縮

### 2. 1. 現行試験手順について

現行の一充電走行距離および交流電力量消費率の試験は、図1に示すような三日間の日程で行われる。一充電走行距離は、JC08モードを繰り返し走行し、満充電の状態から、電欠の状態まで走行した距離と定義されており、交流電力量消費率は走行後の充電において電源から消費された電力量を上記一充電走行距離で除したものである。一充電走行距離測定で用いられるJC08モードの平均車速は24.4km/hであるため、200kmの一充電走行距離を有する車両を試験する場合、電欠の状態までに8時間以上の走行が必要になる。

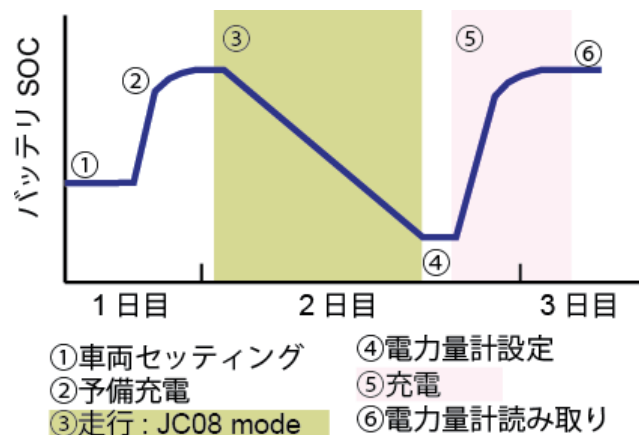


図1 現行試験法のスケジュール

## 2. 2. テストサイクルの変更による試験時間の短縮

### 2. 2. 1. テストサイクル変更の指針

試験時間を短縮する一つの方法として、テストサイクルの変更がある。テストサイクルを変更し、単位時間に消費される電力量が増加するようにすれば、より短い時間で電欠の状態に到達すると考えられる。単位時間あたりの消費電力量を増やすためには、高速走行や急加速といったテストサイクルにおける高負荷の部分を増やす方法や、低速走行や停車（アイドル）といった低負荷の部分を減らす方法が想定される。本研究では電気自動車のアイドル時の電力消費量が、走行時の電力消費量に対して十分に小さい点に着目し、JC08モードのアイドル区間を短くするように変更した圧縮版 JC08 モードを作成した。

### 2. 2. 2. 圧縮版 JC08 モード

時間あたりの消費電力量を増大させ、試験時間を短くするテストサイクルとして、圧縮版 JC08 モードを現行の JC08 モードを基に作成した（図 2）。圧縮版 JC08 モードにおける加減速の負荷は JC08 モードと同一であるため、圧縮版 JC08 モードを使用した試験においても、一充電走行距離および交流電力量消費率ともに、JC08 モードで試験したものと同等の値が得られると期待される。JC08 モードの試験時間は 1204 秒であり、その中に 11 のアイドル区間が含まれている。アイドル時間の合計は 357 秒、最小アイドル区間および最大アイドル区間のアイドル時間はそれぞれ 6 秒と 77 秒である。本研究では、上記 11 のアイドル区間をすべて 6 秒に設定し圧縮版 JC08 モードを作成した。これにより圧縮版 JC08 モードの試験時間は 913 秒となり、走行試験の時間を 24%削減できると考えられる。

【圧縮版 JC08 モード】

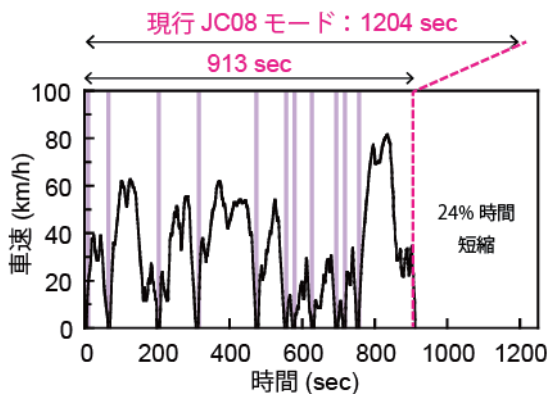


図 2 新規テストサイクル圧縮版 JC08 モード

## 2. 3. 一充電走行距離試験の結果

新規テストサイクルである圧縮版 JC08 モードを用いて 2 台の電気自動車の一充電走行距離測定を行った。走行試験は 1 台の車両に対し、圧縮版 JC08 モードおよび JC08 モードを用いて、それぞれ 3 回ずつ行った。試験車両 A（駆動用バッテリー総電力量 24 kWh）の場合、一充電走行距離は JC08 モードを用いた測定時 185.8 km、圧縮版 JC08 モードを用いた測定時 190.0 km であった。また、試験車両 B（駆動用バッテリー総電力量 16 kWh）の場合はそれぞれ 117.3 km、119.2 km であった（図 3）。2 つの試験車両ともに圧縮版 JC08 モードを用いて測定した距離が、JC08 モードを用いて測定した距離に対し、約 2%長い結果となった。

試験車両 A の結果に対して、各サイクルの直流電力量の解析を行った（図 4）。圧縮版 JC08 モードを走行した時の直流電力量は JC08 モードを走行した時の直流電力量に比べ、僅かに少ない結果となった。初回と最終回を除外した平均の電力量は、JC08 モード、圧縮版 JC08 モードそれぞれ、863.3 Wh, 842.9 Wh であった。この 19.4 Wh という僅かな差は圧縮版 JC08 モードを作成するにあたり削除したアイドル部分に由来し発生するものと考えられる。JC08 モードのアイドル部分で消費される電力量とアイドル時間の関係を図 4 内に示す。上記のアイドル時間と消費電力量の関係から推定される圧縮版 JC08 モードの消費電力量減少分は 14.8 Wh は実測値の 19.4 Wh とほぼ一致した。圧縮版 JC08 モードを用いた走行試験の結果が JC08 モードを用いた走行試験の結果より僅かに延長されるのは、本来アイドルで消費されるはずの電力が走行に使われたためであると考えられる。

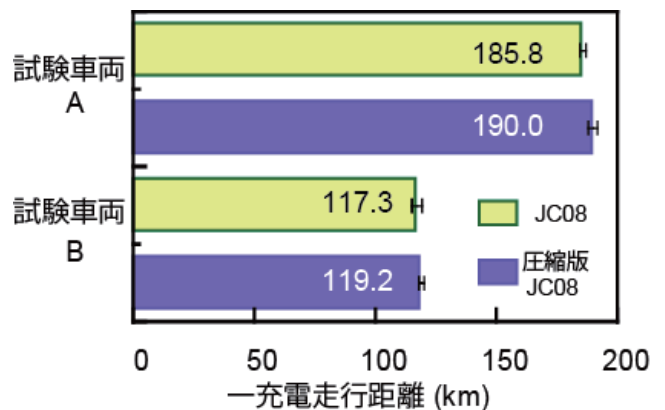


図 3 JC08 と圧縮版 JC08 の一充電走行距離比較

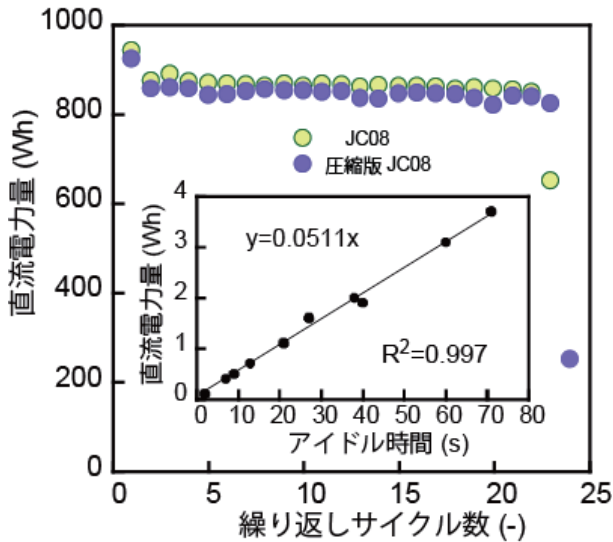


図4 サイクルごとの消費電力量

## 2. 4. テストサイクル評価

圧縮版 JC08 モードは以下に示す通り、試験時間の短縮に有効であることが明らかとなった。試験車両 A の場合、JC08 モードを用いたときの走行試験時間は 7 時間 35 分であり、圧縮版 JC08 モードを用いたときの走行試験時間は 5 時間 53 分であることから、約 1 時間 42 分の試験時間短縮となった。また、試験車両 B の場合は、4 時間 47 分から 3 時間 41 分へと 1 時間 06 分の試験時間短縮となった。圧縮版 JC08 モードの使用により生じた誤差は JC08 モードを用いた測定結果の 3% 未満であった。これらの結果から圧縮版 JC08 モードは電気自動車の一充電走行距離を測定する際の試験時間短縮のためのテストサイクルとして有効であることが示された。

## 3. WLTP を対象とした試験時間の短縮

### 3. 1. WLTP の試験手順について

WLTP は国連で開発されている小型車の世界統一試験法である。WLTP が日本に導入されると電気自動車の試験期間が増加すると予測される。これは WLTP に 3 つの世界統一テストサイクル (WLTC: Worldwide harmonized Light-duty Test Cycle) <sup>3)</sup> (WLTC-LM, -LMH, -LMHexH) が存在するためであり、日本では国内の交通状況を鑑み WLTC-LM と WLTC-LMH の 2 つが主にテストサイクルとして使用されることになると想定される。二つのテストサイクルを用いて測定を行う場合、試験スケジュールは図に示すように全四日間の日程になり、現行の試験スケ

ジュールより一日延長される。

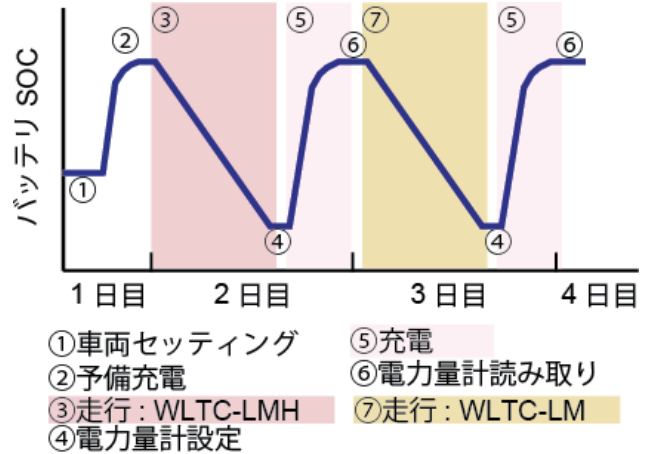


図5 WLTP での想定試験スケジュール

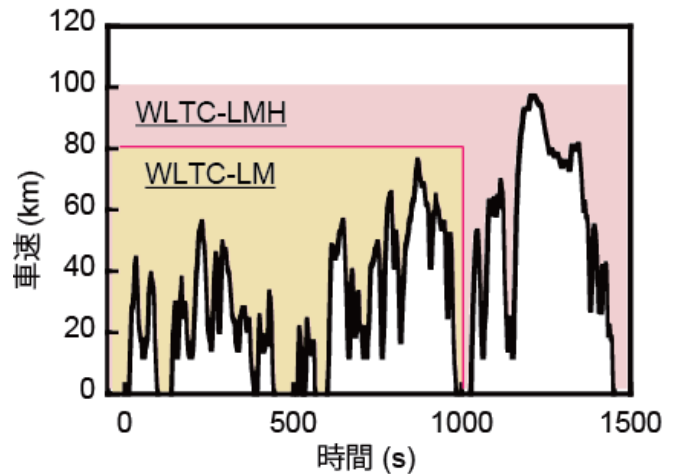


図6 WLTP におけるテストサイクル行距離

## 3. 2. WLTP に基づく電気自動車の一充電走行距離測定について

試験車両 A に対して、テストサイクル WLTC-LMH, WLTC-LM を用いて一充電走行距離測定を行った。試験車両 A の一充電走行距離 LMH と一充電走行距離 LM、それぞれ 149.4 km と 168.3 km であった。また、サイクル繰り返し回数および測定時間はそれぞれ 10 回、4 時間 06 分と 21 回、5 時間 57 分であった。

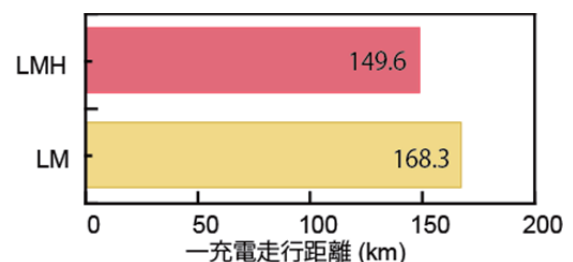


図7 テストサイクルにより異なる一充電走行距離

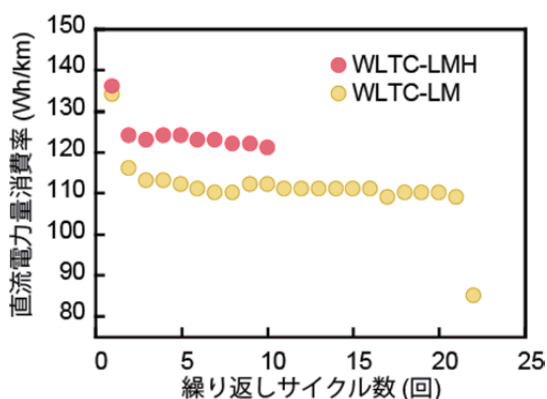


図8 サイクルごとの直流電力量消費率

### 3. 3. 計算法の導入による試験日程の短縮

試験時間を短縮するもう一つの方法に、計算法の導入がある。計算法は、電池使用可能エネルギー量 (UBE: Usable Battery Energy) と直流電力量消費率の関係から一充電走行距離を推定するものである (式1)。計算方法の詳細は SAEJ1634<sup>4)</sup>に記されている。

ここでは上記計算法を WLTP の試験手順に応用する方法を記述する。具体的には、一充電走行距離 LMH を実測によりもとめた後、一充電走行距離 LM を計算法により求めることとした。まず初めにテストサイクル WLTC-LMH を用いて一充電走行距離測定を行った。このとき、WLTC-LM に相当する区間の直流電力量消費率および走行距離のデータを取得した。また、本一充電走行距離測定の際に消費した電力量の総和を UBE として計算に用いた。次に得られたデータをもとに WLTC-LM に相当する区間の直流電力量消費率 (ECdc<sub>LM</sub>) およびサイクルスケーリング係数 (k<sub>LM</sub>) を計算により求めた。このサイクルスケーリング係数はそれぞれのサイクルに消費される直流電力量の総消費直流電力量 (=UBE) に占める割合を表している。1 サイクル目の直流電力量消費率およびサイクルスケーリング係数をそれぞれ ECdc<sub>LM\_1</sub>、k<sub>LM\_1</sub> と記述し、2 サイクル目以降の直流電力量消費率の平均を ECdc<sub>LM\_avg</sub> と記述した。

$$\text{Range}_{LM} = \frac{\text{UBE}}{k_{LM_1} \text{ECdc}_{LM_1} + (1 - k_{LM_1}) \text{ECdc}_{LM\_avg}} \quad (1)$$

### 3. 4. 計算法により求めた一充電走行距離

計算法により求めた一充電走行距離 LM は 164.9 km であった (これは実測により求めた値 168.3 km に対し誤差 2%)。計算により求められた初回および平均の直流電力量消費率はそれぞれ 132.7 および 111.5

Wh/km であった。これらの値も実測の直流電力量消費率とよく一致した (図8)。

表1 計算法により求めた一充電走行距離 LM

Test No.	UBE (kWh)	k <sub>LM,1</sub>	ECdc <sub>LM</sub> (Wh/km)		Estimated Range <sub>LM</sub> (km)	Error
			first cycle	average of subsequent cycles		
n=1	18.57	0.057	135.7	112.2	163.5	
n=2	18.62	0.055	129.7	111.9	165.0	
n=3	18.57	0.056	132.5	110.5	166.2	
Average	18.59	0.056	132.7	111.5	164.9	-2.0%

### 3. 5. 計算法を含む試験手順の評価

計算法による一充電走行距離 LM の予測は実測に対し誤差 2% と高い精度を示した。この計算法を導入することにより 4 日必要な試験日程を 3 日に短縮できる可能性が示された。

## 4. まとめ

本報告では、TRIAS および WLTP における電気自動車の一充電走行距離試験の試験時間短縮に資する二つの方法について、その精度および時間短縮の効果を明らかにした。今後、上記方法をベースとした内容を一充電走行距離測定オプションとして TRIAS や WLTP への導入を目指して、交通研としての活動を進めていきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 2012 Automobile Type Approval Handbook for Japanese Certification, [http://www.jasic.org/e/08\\_publication/bb/20\\_handbook.htm](http://www.jasic.org/e/08_publication/bb/20_handbook.htm)
- 2) WLTP, <https://www2.unece.org/wiki/pages/viewpage.action?pageId=2523179>
- 3) WLTC, [https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/5801079/WLTP-DHC-16-06e\\_rev.xlsx](https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/5801079/WLTP-DHC-16-06e_rev.xlsx)
- 4) SAE J1634: Battery Electric Vehicle Energy Consumption and Range Test Procedure, SAE International, 2012