

講演 2. 重量車 EV における航続距離測定条件の検討

環境研究部 ※吉川 真司 奥井 伸宜

1. はじめに

運輸部門における環境負荷低減の観点から、各種自動車においてパワートレインの電動化が推進されている。そのなかで電気自動車(EV)においては、1回の充電で走行できる航続距離が短い点はその普及に向けた課題のひとつである。また、ユーザが車種を選定するうえで、航続距離は重要な諸元であると考えられる。

EVの航続距離に関し、車両総重量 3,500kg 以下の軽・中量車 EV では国連規則第 154 号(WLTP)において測定手法が規定されている¹⁾。一方で同 3,500kg を超える重量車 EV については、同様の国連規則は制定されていないが、国内基準として自動車技術総合機構審査事務規定 別添 1 試験規定(TRIAS 99-012-01)においてその測定手法が規定されている²⁾。当該規定では、車両を定速走行させた場合の航続距離を測定することとしているが、任意の速度条件を設定することができるため、航続距離の測定結果には差異が生じると考えられる。

そこで、市販の重量車 EV を用いて種々の速度条件における航続距離を測定し、現行の手法による測定結果の差を確認した。次に、その結果をもとに重量車 EV を公平に比較可能な車速条件について検討を行った。

2. 現状の航続距離測定法と実例

2. 1. 重量車 EV の航続距離測定法

現状の TRIAS 99-012-01 に規定されている航続距離測定方法の概略は以下のとおりである。車速条件については明示的な規定がなく、任意の車速で測定可能となっている。

- 測定方法 : 試験路において車両を走行
- 走行パターン : 定速走行
- 車速条件 : 車両の目的に応じて設定
- 走行の終了判定 : 電池残量不足による警告表示
又は目標車速の 90%を逸脱
- 距離の測定 : 終了判定までの走行距離を測定

2. 2. 航続距離測定値の実例の紹介

表 1 は市販の重量車 EV のカタログやホームページに記載されている諸元の例である。航続距離測定時の車速条件は 30~80km/h と様々であることが分かる。

例えばバス A、B、C の諸元を比較すると、車速条件は各々で異なり、これらの航続距離は電池容量の大小と対応しない。他方でトラック A と B では、車速条件はどちらも 60km/h であり、それぞれの電池容量に概ね対応した航続距離となっている。

表 1 重量車 EV 航続距離のカタログ表記の例

	バス A	バス B	バス C	トラック A	トラック B
全長(m)	10.5	12.0	12.0	6.5	6.8
車両総重量(kg)	16,200	17,000	16,500	7,500	7,500
電池容量(kWh)	245	350	280	100	85
航続距離(km)	360	350	250	250	215
(車速条件)	(30km/h)	(40km/h)	(70-80km/h)	(60km/h)	(60km/h)

3. 航続距離の測定実験

上述の車速条件による航続距離の差異について確認するため、市販の重量車 EV を用いた実験を行った。

3. 1. 供試車両

本実験では、国内において市販されている重量車 EV のトラックを供試した。その主な諸元を表 2 に、外観を図 1 に示す。

表 2 航続距離測定の供試車両

	供試車両 #1
カテゴリ	トラック
寸法 (m)	L6.180 W2.040 H2.270
架装	平ボディ
車両総重量 (kg)	5,900
試験重量 (kg)	4,670 (45%積載)
電池種類	リチウムイオン電池
電池容量 (kWh)	83
航続距離 (km)	236* (車速 60km/h)
モータ出力 (kW)	110
駆動方式	後輪駆動 (2-4D)

(*航続距離はキャブ仕様等異なるモデルの参考値。)



図1 供試車両#1の外観

3. 2. 実験方法

供試車両のバッテリーを満充電にしたうえで、以下に示す種々の車速条件で走行させた場合の航続距離の測定を行った。

<測定条件>

測定方法	: シャシダイナモメータ計測
走行パターン	: 定速走行
車速条件	: 40, 50, 60, 80km/h
ドライブモード	: Dレンジ (通常の走行モード)
走行の終了判定	: 電池残量不足により 車速条件の90%を逸脱
距離の測定	: 終了判定までの走行距離を測定

測定条件は2.1節に示した TRIAS 99-012-01 の規定を基に、測定方法、車速条件および終了判定を変更した。屋外の試験路における測定では外気温や日射の状況によりバッテリー温調システムや各コンポの冷却システムでの消費電力が変動する可能性がある。このような外乱を避けるため、建屋内のシャシダイナモメータによる測定とした。終了判定については、車種や試行ごとに電池残量低下による警告の表示と車速逸脱の順序・タイミングにバラツキが生じる懸念があるため、測定条件を統一する観点から今回は後者の判定のみを用いて測定した。

車両の運転については、長時間かつ繰り返しの走行を行う必要があることから、運転ロボットを用いてアクセルペダルおよびブレーキペダルの操作を行った。また、ドライブモードの選択は、シフトレバーを通常の走行位置である Dレンジとし、回生ブレーキのレベルは車両始動時の初期設定を維持した。

3. 3. 実験結果

各車速における航続距離の測定結果を図2に示す。高速道路の走行時に想定される車速 80km/h における航続距離が 181km となったのに対して、一般道で想定される車速 40km/h では航続距離 316km となり、1.7倍を超える差異が生じた。

定速での走行時に、バッテリーから供給される電力は、転がり抵抗、空気抵抗、パワートレイン各所の電氣的・機械的損失、および電装品の稼働などによって消費される。とりわけ空気抵抗は、車速の上昇により増大することから、高速走行時に航続距離が短くなる主要因であると考えられる。

表1で示した市販EVバス3車種の諸元値において、航続距離は電池容量の大小とは対応していない。今回の測定結果と同様に、車速条件の違いがこれに寄与していると考えられる。

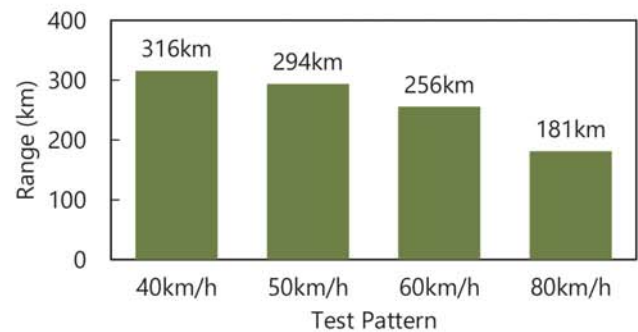


図2 各車速における航続距離測定結果 (車両#1)

4. 航続距離測定の車速条件の検討

前章の実験のとおり航続距離の測定結果は車速条件に応じて変化することを確認した。本章では、航続距離測定の車速条件を統一することを目的として、その設定方法について検討した。

4. 1. 車速条件の設定方法

ここでは定速走行した場合と、JE05モードを繰り返して走行した場合の航続距離を測定・比較した。定速走行では、加減速の多い都市内走行時とは負荷や電力消費が大きく異なると考えられる。これに対してJE05モードは、重量車の排出ガスや燃料消費率の評価に用いられる走行パターンであり、渋滞路などを含む都市内における重量車の走行実態が反映されている。よって、このJE05モードと同程度の航続距離が得られる車速を求めることで、加減速のある都市内走行時の負荷および電力消費との乖離がより少ない車速条件の設定を試みた。

4. 2. 定速走行と JE05 モードの比較実験による 車速条件の設定

4. 2. 1. 供試車両

車速条件を設定するための実験に用いた供試車両 #1 および #2 の諸元を表 3 に示す。車両 #1 は 3 章の実験と同一の車両である。車両 #2 では、車両 #1 を用いてシャシダイナモメータの負荷設定を変更しており、道路運送車両の保安基準 細目告示別添 41 の JH25 モード法において規定される標準車両諸元の区分 T3 に相当する負荷とした。

表 3 車速条件設定の供試車両

	供試車両 #1	供試車両 #2
カテゴリ	トラック	
車両全長 (m)	6.180	
キャブ寸法 (m)	W2.040 H2.270	W1.989 H2.153
架装	平ボディ	
車両総重量 (kg)	5,910	5,750
試験重量 (kg)	4,670	4,155
電池種類	リチウムイオン電池	
電池容量 (kWh)	83	
航続距離 (km)	236 (参考値)	—
モータ出力 (kW)	110	
駆動方式	後輪駆動 (2-4D)	

4. 2. 2. 実験方法

前項の供試車両につき、3 章の実験と同様にシャシダイナモメータを用いて、以下の各条件における航続距離の測定を行った。

<条件 1 : 定速走行>

- 走行パターン : 定速走行
- 車速条件 : 40~80km/h
- 走行の終了判定 : 電池残量不足により
車速条件の 90%を逸脱

<条件 2 : JE05 モード>

- 走行パターン : JE05 モード繰り返し
- 走行の終了判定 : 電池残量不足により
規定の車速範囲を 4 秒間逸脱

JE05 モードの走行パターンでは加減速や停止が含まれる。そのため条件 2 において、走行の終了判定は JE05 モードの規定速度を 4 秒間連続して逸脱した時点とした。これは WLTP において規定される軽・中量車 EV の航続距離測定と同様の終了判定である。

4. 2. 3. 測定結果および車速条件の設定

図 3 は航続距離の測定結果であり、各車速で定速走行させた際の航続距離をプロットしている。車速と航続距離との関係は線形近似によりグラフ中の実線で示しており、各プロットは概ね直線上に位置することが確認できた。他方の JE05 モードを繰り返し走行した場合の航続距離は水平な破線で示しており、これらの交点(グラフ中の×印)を求めた。

供試車両 #1 および #2 では、交点となる車速はそれぞれ 65km/h と 67km/h であった。これらの結果より、今回の供試車両に対しては 66km/h が車速条件として望ましいと考える。

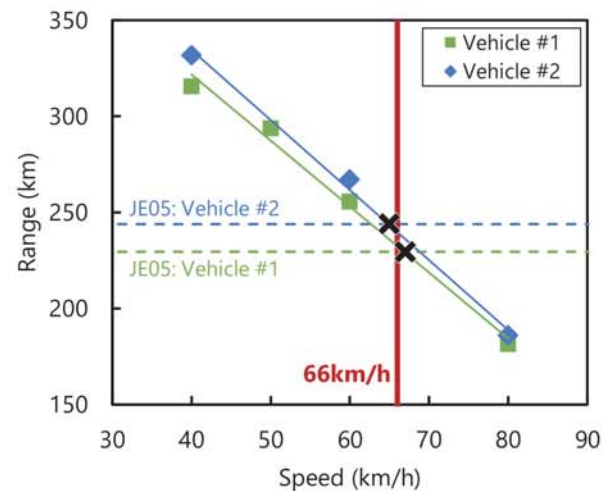


図 3 航続距離の測定結果と車速条件の設定
(車両 #1, #2)

4. 3. 車速条件の検証実験

前節で設定した車速条件に対して、設定時とは異なる供試車両を用いて同様の測定を行い、その妥当性の検証を行った。

4. 3. 1. 供試車両

検証実験に用いた供試車両 #3 の主な諸元を表 4 に、外観を図 4 に示す。

表 4 検証実験の供試車両

	供試車両 #3
カテゴリ	乗用車
寸法 (m)	L3.395 W1.475 H1.655
車両総重量(kg)	1,300
試験重量 (kg)	1,230
電池種類	リチウムイオン電池
電池容量 (kWh)	18
航続距離 (km)	180 (WLTC)
モータ出力 (kW)	20
駆動方式	前輪駆動

市場には多様な諸元の車両が存在する。そのため、検証実験では車速条件設定時とは車格が大幅に異なる車種を選定した。今回は車両の入手性の観点から、国内で市販されている乗用EVを供試車両#3とした。重量車EVである車両#1、#2と比較すると、同車の重量は4分の1程度であり、他の諸元値も大幅に小さい数値となっている。



図4 供試車両#3の外観

4. 3. 2. 実験結果

検証実験の結果を図5に示す。定速走行における航続距離測定結果は、前節と同様に線形近似により内挿し実線で示した。JE05モードにおける航続距離は203kmであり、定速走行の場合との交点となる車速は70km/hとなった。

上述のように車両#3は車両#1、#2とは大幅に車格が異なるが、交点となる車速の差は約4km/hであり、今回の車速条件の設定方法は有効であると考えられる。

今回供試した3車種では交点となる車速は65~70km/hの範囲に分布したが、今後さらに車種を増やして測定することで、より都市内の走行状態に近い車速条件が得られると考える。

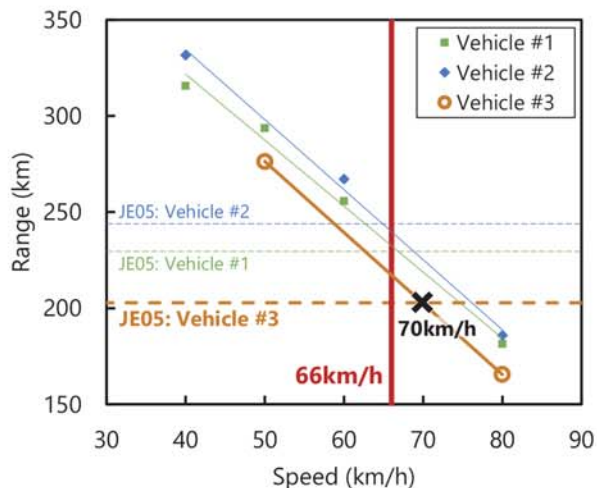


図5 車速条件の検証結果 (車両#3)

4. 4. 測定に要する時間の比較

図6は車両#1において各走行パターンで航続距離を測定した際の所要時間である。前節までの検討により定速走行の車速条件は65~70km/h程度が望ましく、その所要時間は車両#1では約3.3時間と概算される。これに対しJE05モードでは、その平均車速は27.3km/hであり、測定には8.5時間を要した。

測定の所要時間については今回検討の主眼ではないが、今後重量車EVの航続距離が更に拡大された場合、測定が困難になると予想される。そのため所要時間の短縮は大きなメリットであるといえる。

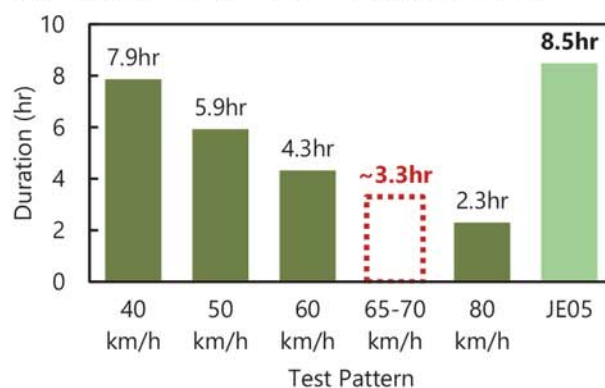


図6 航続距離測定の所要時間 (車両#1)

5. まとめ

市販の重量車EVを用いて現行TRIASで規定される定速走行時の航続距離を測定し、車速条件により生じる測定結果の差異を確認した。つぎに、定速走行時とJE05モード繰返し走行時との航続距離を測定・比較し、その結果を基に重量車EVの航続距離を公平に比較可能な車速条件の設定方法について検討し、さらにその有効性を確認した。

参考文献

- 1) UN Regulation No.154, "Uniform provisions concerning the approval of light duty passenger and commercial vehicles with regards to criteria emissions, emissions of carbon dioxide and fuel consumption and/or the measurement of electric energy consumption and electric range (WLTP)", E/ECE/TRANS/505/Rev.3/Add.153/Rev.2/Amend.1
- 2) 審査事務規定 TRIAS 99-012-01, "一充電走行距離及び交流電力量消費率試験 (定速走行)", 独立行政法人自動車技術総合機構