

⑦ 乗用車におけるパワートレイン技術による燃費特性の違い

自動車研究部 ※鈴木 央一 山口 恭平 水嶋 教文

1. はじめに

我が国において、自動車（乗用車クラス）の燃費向上を促す施策として 2020 年度燃費基準が策定されている。燃費がユーザーへのアピールポイントになることに加え、燃費基準達成による優遇税制等のコストメリットもあり、近年の新車の燃費向上は著しいものがある。また、欧米においても燃費や CO₂ の基準等が策定され、それらでは厳しい罰則等も定められており、世界的な燃費向上の取り組みは近年重要性を増している。

国内で全体の燃費向上の主演となっているのは、ガソリン電気ハイブリッド車（以下、「ハイブリッド車」という）で、2015 年には軽自動車を除く新車販売の約 4 割を占めるに至っている。それに対して、欧州では新車の約半数をディーゼル車が占め、ガソリン車においても過給機を装備したもの（以下、「ターボガソリン車」という）が主流となっている。ディーゼル車とターボガソリン車は国内では数年前までごく少数に過ぎなかったが、近年着実に数を伸ばしており、低燃費技術として今後も考慮していくべきものとなっている。一方で通常のガソリン車においても燃費性能向上が進められている。このようにパワートレインが多様化している状況において今後の技術動向を考えていくにあたっては、それらが 5 年程前の燃費水準からどれほど進化しているのかを把握することが有効と考えた。そこで本報告では、現在の代表的なパワートレインシステムを採用する同等クラスの車両を対象に、シャシダイナモ試験により様々な走行条件となる各種試験モードを実施し、それらの燃費性能について比較することを試みた。

本比較は、あくまでも限られた車種を対象に、各技術導入による燃費向上効果の相場観を表すものであ

り、数値的な差はあくまで一例である点に留意する必要がある。

2. 試験車及び評価方法

2. 1. 試験車両

試験には表 1 に示す 5 台の車両を用いた。パワートレインの違い以外の要素を極力対等に比較するため、現行試験法での等価慣性質量が 1250 kg、排気量 1.5 L 程度（ダウンサイジングの車両 C を除く）のワゴンあるいはハッチバック車とした。車両 A は 10 年程度前のガソリン車における当時の低燃費技術が導入された車両として選択したもので、2010 年度燃費基準 +20% 達成車となっている。車両 B は 2015 年登録の新しい車両で、通常のガソリン自動車ながら先進的な可変バルブ機構とアイドルストップ機構等により、2020 年度燃費基準をクリアしている。車両 C は、近年普及が進むダウンサイジングのコンセプトを取り入れたターボガソリン車で、本車両のみ排気量が約 1.2L となっている。車両 D はアトキンソンサイクルを用いた高効率エンジンに先進的なハイブリッド機構を組み合わせた車両で、一時的に JC08 モード燃費で市販車中最高値を示した車両である。車両 E は、国内で市販される本重量区分唯一のディーゼル自動車、2020 年度燃費基準を達成している。いずれも市販の登録車でとくに改造等は行っていない。

表 1 供試車両諸元

車両ID	A(従来車)	B(新型車)	C(ターボG)	D(HEV)	E(ディーゼル)
車体形状	ハッチバック	ステーションワゴン	ハッチバック	ハッチバック	ハッチバック
パワートレインタイプ	ガソリン	ガソリン	ターボ付ガソリン	ガソリン電気ハイブリッド	ターボ付ディーゼル
エンジン排気量 L	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5
トランスミッションタイプ	CVT	CVT	7DCT※	CVT	6AT
等価慣性質量(JC08モード) kg	1250	1250	1250	1250	1250
等価慣性質量(WLTP)	1269	1299	1329	1320	1301
アイドルストップ	なし	あり	あり	あり	あり
燃費基準達成状況	2010年+20%	2020年達成 2015年+20%	2020年達成 2015年+10%	2020年+20% 2015年+20%	2020年達成 2015年+20%

※DCT：デュアルクラッチトランスミッション

2. 2. 試験装置、モードについて

試験は全てシャシダイナモ上で実施しており、道路運送車両の保安基準の細目を定める告示別添 42（いわゆる JC08 モード試験法）に示された性能要件を満たすシャシダイナモ、排出ガス分析装置等を用いた。評価試験サイクルには JC08 モード（冷機（C）、暖機（H））に加え、走行条件の違いによる特性を比較する目的で国際統一試験サイクル（WLTC）、東京都 No.2 モード（平均車速 8.4km/h）及び高速の米国ハイウェーモード（HWFE、平均車速 77.7km/h）を実施した。

近年の燃費改善技術の進化にはパワートレインの改善に加えて走行抵抗の低減も含まれる。そのため、各車両の燃費値だけを比較してもそれがパワートレインの改善か走行抵抗の改善か切り分けができない。そこで通常の JC08 モードに加え、車両 A の走行抵抗を各車両に設定して JC08 モードを実施し、改善要素の切り分けを試みた。

3. 試験結果と評価

3. 1. パワートレインと燃費

各車の JC08 モード及び WLTC の燃費（実測結果）を図 1 に示す。車両 B～E については、いずれも車両 A の燃費を明らかに上回る。近年の車両がさまざまな技術を導入して燃費が改善されていることが実測で示された結果といえる。

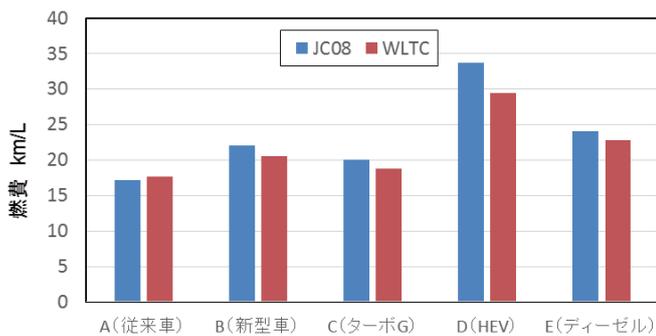


図 1 各車両の JC08 モード及び WLTC 燃費

この結果に各車の走行抵抗値を車両 A に統一して測定した結果を加味して、これらの改善効果を切り分けたものを図 2 に示す。図では比較が容易なように、車両 A の燃費を基準として比率で示した。また車両 B ではアイドルストップの効果が大きいとみられたことからアイドルストップ機能を停止した条件においても試験を行い、比較した結果、改善幅の 4 割程度が

それによるものであった。B～E のいずれの車両においても走行抵抗の改善よりもパワートレインの違いによる改善幅の方が大きい結果であった。車両 D では走行抵抗低減により 2 割近い改善を得ており、走行抵抗の低減による燃費向上の余地はまだあるといえるが、大幅な改善を図るにはパワートレインでの改善が不可欠であることを示す結果といえる。

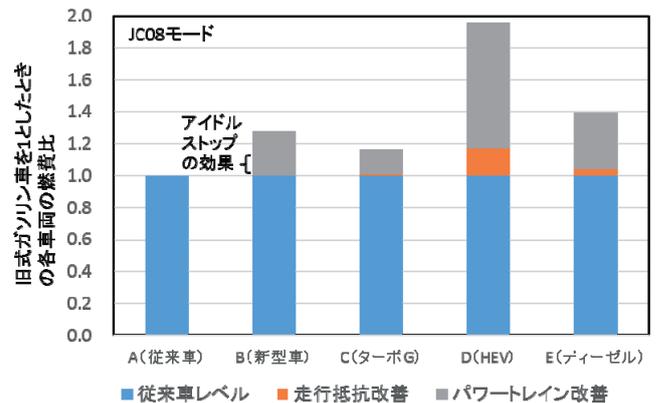


図 2 各車両の燃費改善をもたらす因子の分析

パワートレインの違いについてみると、改善効果について一般にいわれる通り「ハイブリッド>ディーゼル>先進ガソリン」の序列となった。ガソリン車の進化は顕著であるが、それ以外についても同様に改善していることが、相対的な序列が維持される結果につながったとみられる。

3. 2. 走行状態と燃費

3. 2. 1 WLTC 導入による影響の違い

WLTC では、最高車速が約 96km/h（エクストラハイ部分を除く）となるなど、JC08 モードとは大きく異なるものの、両モードの燃費を比較した場合、燃費値の優れる車両において JC08 モードより WLTC の燃費がやや低くなる他は概ね同等となっている¹⁾。欧州で中心的な地位を占めるディーゼル車やターボガソリン車でその傾向に違いがあるのか興味のあるところである。測定結果としては、図 1 に示す通りであるが、それが従来の知見に変化をもたらすものかどうかを調査した。

国土交通省と経済産業省、資源エネルギー庁の 3 省庁が合同で開催している自動車燃費基準小委員会において、2018 年に排出ガス評価法として WLTC が導入された後の 2020 年度燃費基準の扱いについて

2015年に検討がなされている。そのとりまとめ²⁾においては、多数の現行車両において JC08 モードと WLTC それぞれの燃費を測定した相関を調査している。その結果に、今回の車両 A~E の試験結果を追加したのが図 3 である。いずれの車両においても特異な結果は見られず、他の現行車両の一般的傾向の中に含まれるものであった。つまり、ターボガソリン車やディーゼル車においても JC08 モードあるいは WLTC のいずれかで燃費のいいものは他方でもよく、その傾向に従来ガソリン車と大きな違いはないことがわかる。

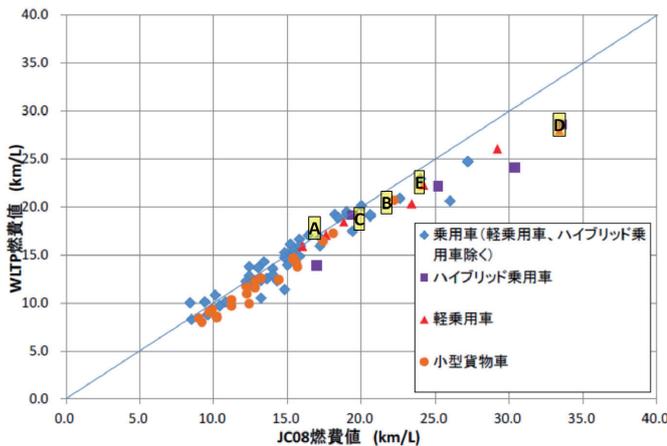


図 3 各車両の JC08 モードと WLTC の燃費相関 (自動車燃費基準小委員会とりまとめ²⁾に記載された図に本試験結果 A~E を追記)

3. 2. 2 速度と燃費の関係

次に WLTC にとどまらない様々な走行状態における各車両の燃費特性について、ここでは平均車速と燃費の関係に着目することとした。JC08 モード及び WLTP のエクストラハイ (ExH) を含めた各パートに加えて、東京都 No.2 モード及び HWFE を含めた試験結果を、平均車速と各試験モードの燃費値の関係として示したのが図 4 である。

ハイブリッド車である車両 D は平均車速 20 km/h 前後で燃費値が最大となり他と大きく異なる傾向が見られた一方で、それ以外の 4 台については、米国ハイウェイモードの燃費値が最も良いことに加え、すべてのモードで同じ序列 (E→B→C→A) となった。この結果は既述の結果と同様に、パワートレインの違いによる車速に対する燃費特性の差は大きいものではないことを意味する。すなわち、一つのサイクルで良

い燃費値を示すものは、概ね他の走行モード等でも良い結果となる。

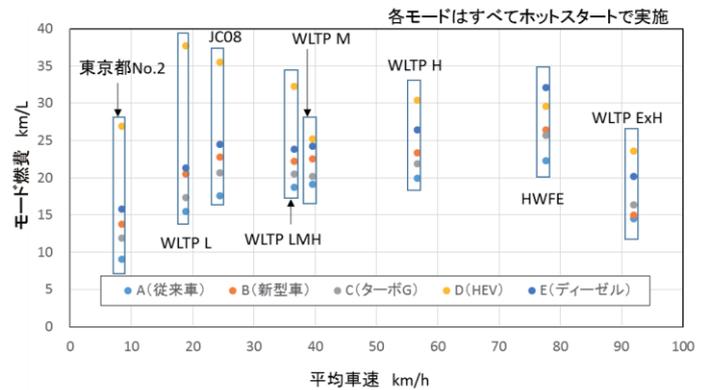


図 4 各車両の様々なモードにおける平均車速と燃費の関係

このように燃費値の序列には変化がほとんどみられないものの、相対的な差は多少変化しているケースもみられる。そこで速度による燃費影響を抽出するために、各車両の JC08 モード燃費を基準としたときのその他のモード燃費の比率を横軸平均車速で示したのが、図 5 である。図よりハイブリッド車である車両 D では JC08 モード以上の平均車速ではいずれも 1.0 未満の値となっており、高速走行で燃費が伸びないことがわかる。それ以外の車両については必ずしも顕著なものとはいえないが、車両 E では平均車速 40km/h 以下のモードではほぼ中位であるのに対して、HWFE と WLTP エクストラハイでは最上位の結果となっており、高速走行がいわば「得意」であることが示された。また、車両 B では逆に低速域では相対的に上位であるものの、高速域のモードでは車両 D に次ぐ下位となっている。これはガソリン車よりもディーゼル車

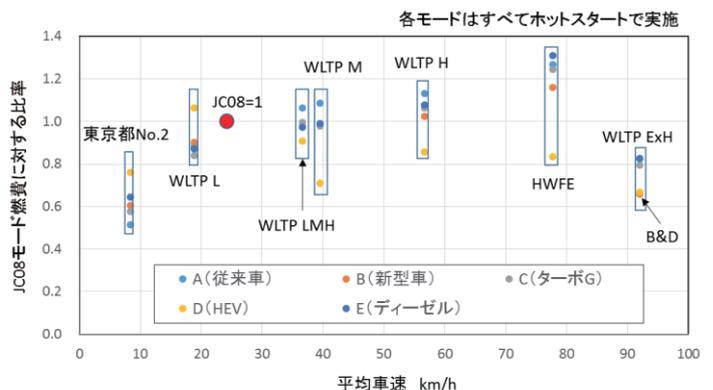


図 5 各車両の様々なモードにおける JC08 モード燃費に対する燃費割合

が相対的に高速走行に向いている可能性を示唆する一方で、車両 E がロックアップ付自動変速機 (AT) であるのに対して、車両 B が無段変速機 (CVT) である違いが影響している可能性もある。したがって、図 5 の結果は車両としての特性であっても、パワートレイン自体の特性を反映したものとは言い切れない面もあり、本報告の範囲では既述の通り「パワートレインの違いによる車速に対する燃費特性の差は大きいものではない」とするのが適当と考える。

4. まとめ

低燃費化が進む中、最新技術が導入されたガソリン車、ターボガソリン車、ハイブリッド車、ディーゼル車を取り上げ、それぞれの燃費性能及び車速と燃費の関係について、従来ガソリン車との比較を含めた評価試験を行った。結果を以下にまとめる。

- (1) ガソリン車においても従来車から顕著な改善が見られたが、改善効果の大きい順に「ハイブリッド > ディーゼル > 先進ガソリン」であった。
- (2) これまで少数にとどまったターボガソリン車やディーゼル車においても、JC08 モードと WLTC の燃費相関は通常ガソリン車と同様で、従来の傾向を踏襲する結果であった。
- (3) 走行条件の違いによる燃費影響として、平均車速と燃費の関係について評価したところ、ハイブリッド車では 20km/h 前後で最大値を示し、他と異なる結果であったが、それ以外では平均車速の異なる場合でも JC08 モードの序列と同様の結果となり、影響度は大きくなかった。

以上から、今後増加が見込まれるターボガソリン車やディーゼル車については、燃費特性を従来車から大きく変化させるものではなく、それぞれ燃費向上を進める上での一つの手段として考えてほぼ問題ないことが分かった。

謝 辞

本試験結果は、資源エネルギー庁「平成 27 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業 (自動車単体対策に係る調査検討事業)」の中で取得したものであり、関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 山口 恭平, 鈴木 央一, “世界統一試験サイクルにおける燃費および排出ガス性能について—車両試験結果からわかる JC08 モードとの違い—”, 交通安全環境研究所フォーラム 2014 講演概要, pp.15-18 (2014)
- 2) 自動車燃費基準小委員会とりまとめ, “燃費試験における WLTP の導入 (案)”, http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s304_jidoushanenpi03.html (2015)