

1. 公表燃費と実際の燃費、なぜ差が出るのか

—（第1報）ユーザーの使用状況で起こりうる燃費変動の定量的な影響—

環境研究領域

※鈴木 央一

山口 恭平

酒井 克治

1. はじめに

自動車のユーザーへの情報提供および CO₂ 低減の観点からも、10-15 モードあるいは JC08 モードの燃料消費率審査値（燃費値）の重要性は従来に増して高まっている。とりわけ近年では、環境意識の高まりなどから、燃費値がアピールポイントになり、電気ハイブリッド車等低燃費車の急速な普及が進んでいる。しかしながら、燃費値が大幅な向上を続ける一方で、実際にユーザーが当該車両を運用するときの燃費（実燃費）が、燃費値と大きく乖離しているという指摘は多い。実燃費は、運用状況に大きく依存することから、様々な使用方法によりばらつきが生ずることは当然想定されるものの、「乖離がある」とされる場合には、ほぼ確実に燃費値よりも悪い側に変動している。燃費評価に用いられる JC08 モード、10-15 モードは、いずれも当時の走行実態をベースに代表的なものとして採用されており、燃費測定時に現実に即した走行をしているにも関わらず、そのような事象が生ずる原因はどこにあるのだろうか。

この差が生ずる原因をみていくにあたり

- ・気象など環境の違い
- ・走行状態の違い
- ・エアコン使用

などユーザーが直接経験する要素を中心に、燃費への影響を実証および考察した。この他の燃費の評価法に関する原因について第2報で扱うこととする。

2. 実燃費と燃費値の乖離はどの程度か

燃費値は国が公表しているが、実燃費は同様の形で公表されたものはない。ここでは、実燃費の例として「e 燃費」のデータを用いることにした。e 燃費は満タン法ベースの燃費をユーザより得ているものである。協力しているユーザーは燃費に関心の高い人が多い

と予想され、全体をどれだけ代表できているか、という課題はあるものの、1ヶ月あたり数万件のデータがあり、一定の代表性はあるものと判断した。

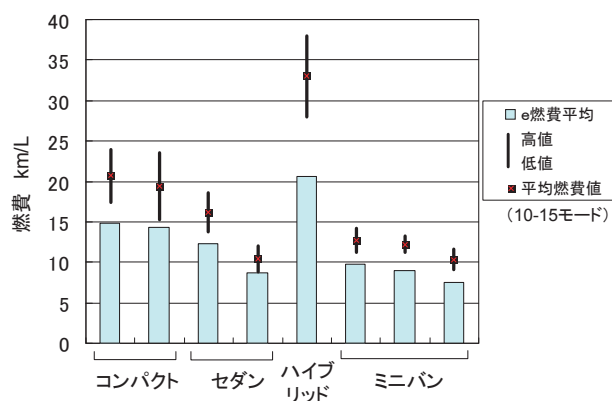


図1 10-15 モード燃費値と実燃費の比較

図1は、e 燃費（2010年版）からユーザーデータのとくに多い代表的な車種において平均燃費値と実燃費を比較したものである。「平均燃費値」とは当該車種で年式や排気量等により、異なる燃費値があるものについてはそれらを平均したものである。この図より、実燃費は平均燃費値のざっと 25%程度低い値となっているが、ハイブリッド車では 30%を超える乖離がみられる一方、燃費 10km/L 程度の車両では差が小さい傾向にある。つまり、モード燃費向上を目的とした改善策が実燃費に十分反映されていない。したがって、乖離原因を解明することは、モード燃費向上を実燃費向上、さらには日本の CO₂ 低減に直接的につなげるためにも重要である。

ちなみに、米国では同種の問題は比較的小さいとされている。その理由として、米国では実燃費を意識した「ラベル燃費」が公表されていることが大きいとみられる。ラベル燃費では、高速急加速サイクル (US06

モード) やエアコン使用サイクル (SC03 モード) 等を含む様々な走行での燃費を、複雑な補正や重み付け等の計算をして実燃費を表現しうるものとしている。

3. 差を生む原因の定量的影響

3. 1. 環境の違いによる燃費への影響

気象などの影響は、ユーザーの努力で改善できる裁量の余地が小さいことから、あまり着目されにくいですが、その影響は小さくない。

まず気温に着目する。認証試験では、標準状態として気温 20℃での走行抵抗が設定される。気温の違いは走行抵抗に大きく影響し、試験法の補正に基づく、1℃で 1%近く変化する。夏と冬では大きな気温差があり、当然実燃費に影響する。

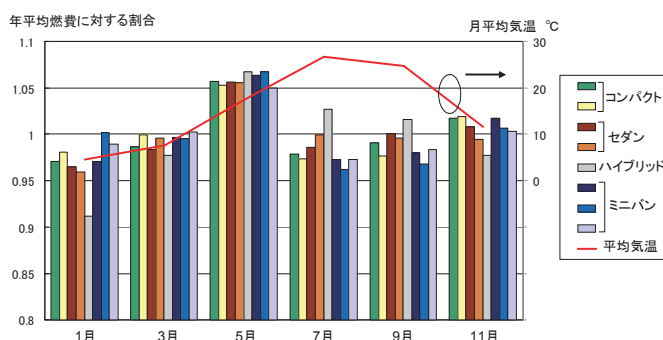


図2 月平均気温と燃費の関係 (e 燃費データより)

図2は、図1と同じ車種を対象に、2010年の奇数月におけるe燃費データによる月平均燃費の通年平均に対する割合と、国内10都市の月平均気温を示したものである。この図から、平均気温と燃費に相関があることがわかる。1月と5月を比較すると、平均気温が14℃ほど高くなる結果、燃費も7~13%ほどよくなっている。気温の上昇による暖機時間の短縮や、走行抵抗の減少が少なからず寄与していると予想される。この関係からいけば7月にはさらに3~4%程度改善してしかるべきだが、返って悪化する。この理由の多くは後述するエアコン使用によると推察される。つまり、標準状態とされている気温20℃はエアコンを必要としない範囲で最も高い水準であることがポイントとなる。本来であれば気温20℃を超える、標準状態よりも燃費に有利な状況は少なからず存在するものの、そこではエアコン使用がほぼ必須となるため、ユーザーが燃費値を実感しにくい結果につながっている。

次に、天候の違いとして降雨を挙げる。雨天時には、

晴天時と比較して路面、およびタイヤ温度が大幅に低下し、走行抵抗が増加する。過去に交通研で測定した例¹⁾では、気温25℃程度やや濡れた路面で走行抵抗を測定したところ、同等気温で曇天時の乾いた路面の時よりタイヤ表面温度が16℃低下するなどして、15%転がり抵抗が増加する結果が得られた。その燃費影響は、当該試験を実施した後述表1のD車における10-15モード燃費で4%以上に及んだ。路面が冠水あるいは積雪状態であれば、その差はさらに広がると推測される。これも、燃費試験法では考慮されない実燃費低下原因の一つといえる。

3. 2. 走行状態による燃費の違い

2011年より燃費評価に用いられることとなったJC08モード燃費では、冷機状態から始める試験(JC08Cモード)と暖機後から始める試験(JC08Hモード)それぞれの燃費を、1:3で加重調和平均した値が燃費値として採用される。暖機前の状態は暖機後よりも燃費が悪いことから、暖機後のみで行われる10-15モード燃費よりも低い値となることが多い。

そこで走行状態のうち、短距離走行時の燃費を考慮するには、モード全体の燃費値よりもJC08Cモードのみの燃費をみていくことが有効といえる。

その対局ともいえるべき高速走行を代表するものとして、米国のハイウェイモード(平均車速77.7km/h、最高車速96.4km/h)を用いて、走行状態の違いによる各車の燃費をみていくこととする。以後については、シャシダイナモ試験の結果が中心となる。

表1に試験に使用した車両の諸元を示す。通常のガソリン車であるA~Hは排気量と重量の小さいもの順としている。H1、H2はハイブリッド車で、エンジ

表1 試験車両諸元

記号	A	B	C	D	E
登録年	H20	H15	H23	H20	H24
排気量 L	1.0	1.4	1.5	1.8	1.8
車両重量 kg	990	1060	1090	1260	1320
変速機	CVT	4AT	CVT	CVT	CVT
車体形状	2box	2box	2box	2box	セダン
10-15燃費値	22.0	16.4	18.2	16.8	17.0
JC08燃費値	—	—	—	—	15.8
その他特徴	アイドルストップ				
記号	F	G	H	H1	H2
登録年	H22	H22	H19	H22	H24
排気量 L	2.0	2.4	3.0	1.8	3.5
車両重量 kg	1610	1850	1890	1310	1860
変速機	CVT	CVT	5AT	CVT	7AT
車体形状	ミニバン	ミニバン	ミニバン	ハッチバック	セダン
10-15燃費値	13.2	11.6	9.8	38.0	19.0
JC08燃費値	12.0	11.2	9.0	32.6	15.6
その他特徴	可変気筒 ハイブリッド ハイブリッド				

ンサイズの異なるものを選択した。なお、A、F、G、H1については、図1に含まれるユーザーの多い車種であり、代表性を確保することに留意した。

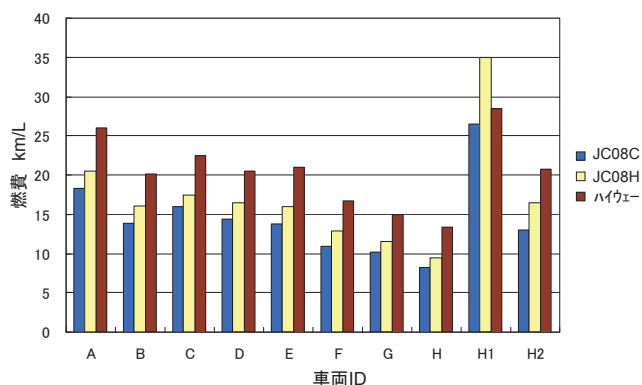


図3 各車のJC08C、JC08H、ハイウェイモードの燃費比較

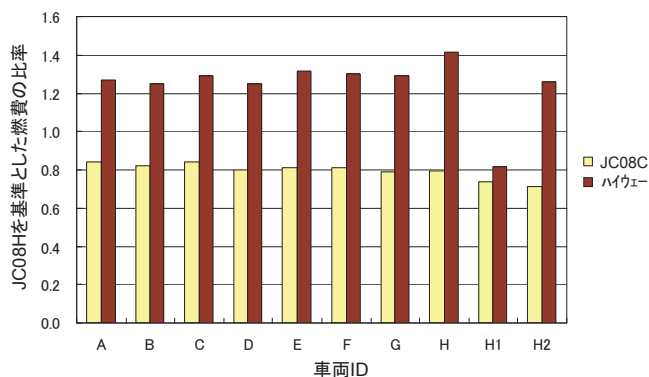


図4 各車のJC08C、ハイウェイモード燃費のJC08Hを基準としたときの割合

図3は、各車のJC08C、JC08H、ハイウェイの各モード燃費を、図4はJC08Hを基準としたときの他2モードの比率を示す。図4より、ハイブリッド車以外では、JC08CではJC08Hから2割程度の悪化、ハイウェイモードでは逆に2～4割ほど値がよくなる傾向は共通しており、車種間の差は比較的小さい。一方、H1、H2車では、JC08CでJC08Hから2割以上も燃費悪化しており他の車種よりも悪化幅が大きい。一般にハイブリッド車では、エネルギー回生が行えるため、減速頻度の高い都市内走行に向くと考えられるが、冷機状態からの短距離走行では、絶対値的には依然としてよい値であるものの、優位さは小さくなる。これが、表1でハイブリッド車ではJC08モード燃費値が10-15モード燃費値と比較して減少割合が大きいことの主な理由といえる。高速走行燃費は、ハイブリッド車でもH1車とH2車で大きな傾向の違いが生

じた。H2車では他の車両と類似の傾向であるのに対し、H1では逆にJC08Hよりも2割ほど悪化する結果となった。H1車の欧州での燃費値は、25.6km/Lで国内と大きく異なる。これは欧州モードでは暖機後の都市内走行を表現するJC08Hに相当する走行が含まれないため値が伸びないことが、この結果から理解できる。だからといってH2車では高速走行で燃費が良くなっており、高速走行におけるH1車の燃費悪化がハイブリッド固有のものともいえない。その違いを生む理由をみていくこととする。

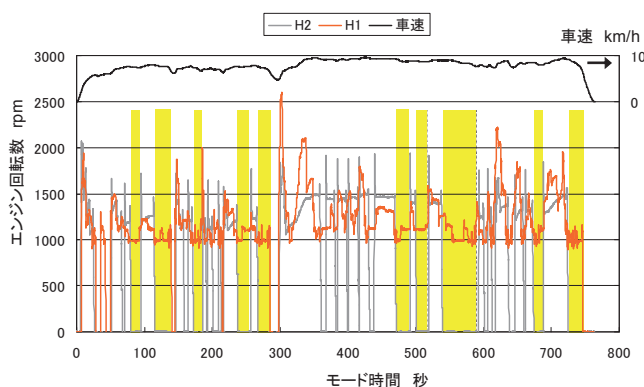


図5 H1車とH2車のハイウェイモードにおけるエンジン回転数履歴比較

図5は、ハイウェイモードにおけるH1車とH2車のエンジン回転数履歴を比較したものである。大排気量のエンジンで走行燃費向上を図る方策の一つとして、ダウンスピーディングが挙げられる。変速機との適合で、エンジン効率のよい低速回転高負荷を使用することで燃費改善を図るものである。ただしH1車においては、無段変速機の制御等により巡航状態ではむしろ通常の自動変速機をもつH2車よりも低速エンジン回転を使用しており、そこでH2車に有利さは見いだせない。

むしろ両者の最大の違いはエンジン作動頻度といえる。H1車ではモード時間の約92%でエンジンが作動するのに対し、H2車では約53%に止まる。図中黄色のハッチングした部分は、H1車ではエンジン作動させている状況ながら、H2車でエンジン停止している状態が5秒以上継続した部分を示している。そこでは概ね巡航状態で走行しており、H2車ではモーター単独で走行しているのに対し、H1車ではエンジンを作動させて走行していることになる。しかし、諸元上のモーター出力はH1車が上回っており、その違いがモーターの能力的余裕によるものとはいえず、エンジ

ンとの統合制御上の理由である。つまり排気量の大きいH2車では、高速走行時に走行と充電を同時にできる余裕のあることが、それを可能にしたと考えられる。近年燃費向上方策の一つとして「ダウンサイジング」が取り上げられる。ダウンサイジングでは、走行状態でのエンジン平均有効圧（排気量あたりのトルクに相当）を高めることで効率向上を図っているが、ハイブリッド車では相対的に大きな排気量で、高速走行時にエンジンの制御自由度を拡大する余裕が高速燃費向上につながっており、ダウンサイジングが必ずしもいいとは限らない。H1車において、2009年モデルにて排気量を拡大した技術的な背景を示すデータといえる。

3. 3. エアコン使用による影響

エアコンの使用による燃費悪化は、多くのユーザーに認識されている。デンソー資料²⁾によると、日本全国の自動車が消費する燃料の約1割がエアコンによるとされている。これは、運輸分野の自動車以外の鉄道・海運・航空3部門合計のエネルギー消費に近い非常に大きなものであるが、現在そこに評価のメスが入っておらず、今後の改善に向けて評価法を考慮していくことが望まれる。まず、エアコン使用による燃費影響がどれほどかみていくこととする。

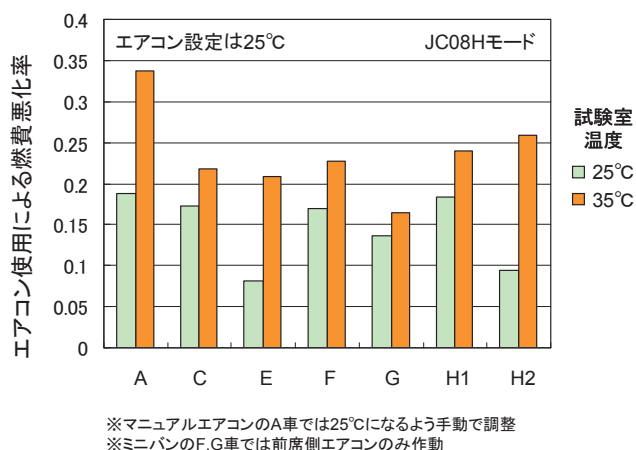


図6 エアコン使用による燃費悪化率（JC08H）

図6は、試験室温度25℃および35℃環境で、車内25℃設定でエアコンを使用したときの、エアコン不使用時に対する燃費悪化率を示したものである。試験室25℃では、概ね8～20%の燃費悪化がみられる。同35℃では当然ながらそれよりも悪化するが、僅差の場合もあれば2倍以上も異なる車両もあり、25℃時との

相関は低い。つまり、一つの状態で示される結果を用いて、他を類推することが困難であるため、エアコン使用時の客観的な燃費評価は容易でない。そのようなことから、ユーザーが悪化幅をイメージしにくい状況となっている。

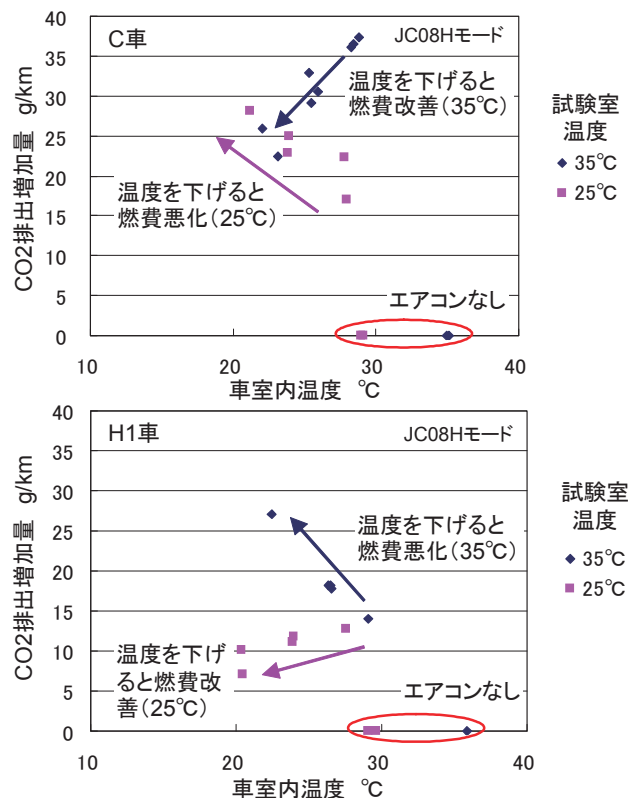


図7 エアコン設定温度を変化させたときの車室内温度とCO₂排出増加（＝燃費悪化）量の関係

図7はC車とH1車において、25℃および35℃の試験室でオートエアコンの設定温度を変化させたときの車室内温度とCO₂増加量の関係と比較したものである。C車では試験室35℃、H1車では同25℃の条件では、設定温度を下げて冷房を強めた場合にCO₂増加量が減少、すなわち燃費が良くなっていることがわかる。自動車用エアコンでは、温度差が小さい状態で車室内温度を精度よく制御しようとする場合、冷気と暖気を混合して送風するケースがあり、設定温度が高い場合に送風ブロアーの作動負荷がかえって高まることもある。そのために、家庭用エアコンとは異なり、自動車用エアコンでは設定温度と燃料消費に相関がみられないケースが少なくない。その結果、省燃費を意図して、「高い設定温度で我慢」してもそれが報われないケースが多いとみられ、ユーザーの不満を高めている可能性がある。

3. 4. 複合的な影響がみられる場合の燃費

これまでエアコン、冷機時などについてそれぞれ燃費影響をみてきた。だが、それらが単独で作用する場合では、依然として燃費値と実燃費の差を十分説明できているとはいえない。これは現実には、それらが同時に作用することが少なくないためと考えられる。そこで、いくつかの車種につき、不利な要素が重なる環境下で燃費評価を行った。

図 8 は、各車様々な条件下で JC08C モードを行った時の燃費を示す。一部の試験は設備の関係で限られた車両のみで実施している。-5 および 35℃でエアコンありの冷機状態では、当然ながら燃費は標準よりも大幅に悪化し、H1 車でも 20km/L を下回るなど、実燃費の平均的水準をも下回るものとなる。-5℃時のデータは H1 車のみだが、「エアコン」とは暖房を意味しており、冷房時のようなコンプレッサーを作動させるものでないことから、エアコン有無の燃費差は小さい (-5℃条件の JC08H で約 4%)。にもかかわらず、25℃時よりも 30%以上も悪化しており、気温の低下による走行抵抗増加分から推定されるよりも悪化幅は大きい。これは、タイヤやオイル等の温度が上昇しにくいなど暖機に時間がかかるためと考えられる。図に記載したとおり、e 燃費データで 1 月の北海道で

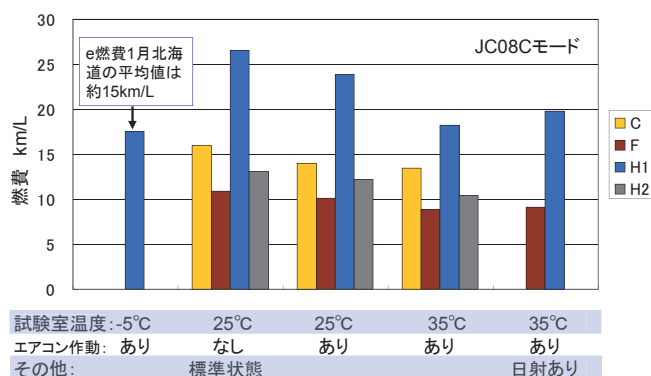


図 8 複合影響がある場合の各車燃費 (JC08C)

H1 車は約 15km/L の平均燃費となっている。この値は、本試験結果に降積雪や路面凍結等の影響を考慮すれば十分想定される水準で、試験結果にそれらを加味した補正を行うことで実燃費を推測しうることを示している。また、日射あり条件ではエアコン負荷が増加するものの、燃費悪化はみられない。これは既述のように冷房量と燃費悪化が比例しない場合があることに加え、日射により各部温度が上昇し車両自体の燃

費が向上したためで、無視しても影響は小さい。このような複合要因で燃費が大幅に悪化した状態を考慮しながら、他の条件を組み合わせることで、実燃費に近い代表燃費値を把握できる可能性がある。

3. 5. 試験データから求める代表燃費値

これまでの試験結果から、実燃費を意識した代表燃費値を試算、予測する手法を検討することとする。前項では、不利な要素が重なる環境下での燃費を示したが、実走行では、条件的にこれより有利な状況も少なくない一方で、雨天や渋滞、勾配などカバーされていない不利な要素もある。全体として、それらを過小でも過大でもなく入れ込むことが必要となる。

基本として、JC08C、JC08H、ハイウェーモード燃費を加重調和平均することとし、それぞれ実際に使用される状況を考慮したいくつかの仮定を設定する。

まず JC08C については、夏季を表現するものとして試験室 35℃時にエアコン 25℃設定で使用したときの値を用いることとする。冬季には冷機時の影響が大きい、それをカバーする各車のデータがないことと、本評価では高速走行も含む反面「チョイ乗り」をカバーしないことから、通常の JC08 モード燃費を求める際と異なり、重み係数を全体の半分に高めることとして対応する。

次に JC08H では、認証試験と同様の試験室 25℃でエアコンなしの値を用いることとするが、冬季の走行抵抗が 20%程も増加した場合に想定される燃費変化として、0.9 を乗ずる補正を行う。

ハイウェーモードでは、重み係数を 1/10 とし、試験室 25℃でエアコンあり (25℃設定) の値を用いる。これは、高速走行時には、エアコンを止めて窓を開けても、空気抵抗のみならず騒音も大きくなるため、季節によらずエアコンを使用することが一般的と考えられるためである。

そして最後に、試験法でカバーされない雨天や渋滞、勾配、さらには補機類のエネルギー消費などの影響を反映させるために、0.92 を乗ずることとする。

代表燃費 F とした場合、上記は下式で表される。

$$F = \frac{10 \times 0.92}{5/F_C + 4/(F_H \times 0.9) + 1/F_{HW}}$$

F_C : 試験室 35℃エアコン 25℃設定での JC08C 燃費

F_H : 認証試験と同条件での JC08H 燃費

F_{HW} : 試験室 25℃エアコン 25℃設定での米国ハイウェーモード燃費

この式を用いて、図8でデータを取得した4車種について代表燃費値を算出し、様々な燃費と比較することとした。

図9は、試算した代表燃費値が、10-15モード、JC08モードおよびe燃費データ（'11年版）による実燃費に対して、どれだけの割合となったかを示したものである。各モード燃費値との比較の際、C車はJC08モード燃費値が公表されていないため、実測値とした。代表燃費値は車種によりモード燃費値に対する比率は異なり、モード燃費値に単に定数を乗じたのとは大きく異なる値である。しかし、実燃費データとはほぼ等しく、高い相関を示した。最も差が生じたのは実燃費より1.5%ほど良く出たH1車であるが、試験車がラインナップ中燃費の最も良いものであったことを考慮すると、むしろ妥当な結果といえる。

この計算のために採用した重み係数や補正係数などは、結果に合わせた部分があり、妥当性の十分な検証はできていない。とりわけ補機損失等を含めて一定値とした補正係数は、今後の燃費改善を促すためには、電装品等補機や車室内断熱等も含めたエネルギー消費を抑制することが重要で、それが反映されるものとしていくべき、などの改善すべき点がある。しかし、4車種とはいえ、コンパクトカー、ミニバン、2種のハイブリッド車という異なる車種で、同一手法にて高い相関が得られたことも事実で、実燃費を推測していくためには、これらの条件を考慮していくことの有効性は示されたと考えられる。

4. ま と め

実際に車を運用する際の「実燃費」が燃費の審査値と乖離がみられる点について以下にまとめる。

- (1) 気温や天候などは、燃費を10%以上も変化させる因子であるが、燃費審査の際の標準状態は（公平性や再現性確保の観点から結果的に）燃費に有利な条件で行われているため、ユーザーが燃費審査値を実感しにくい一因となっている。
- (2) エアコン（冷房）使用時の燃費影響は、車室内外の気温差が小さい状態では8~20%程度だが、気温差の大きい場合の悪化幅は車種により異なり、一部の結果で全体を類推できない。また、冷房設定温度を下げると燃費が良くなるケースが存在し、ユーザーにその影響がわかりにくい状態にある。
- (3) 実燃費が公表燃費値よりも大幅に低いケースで

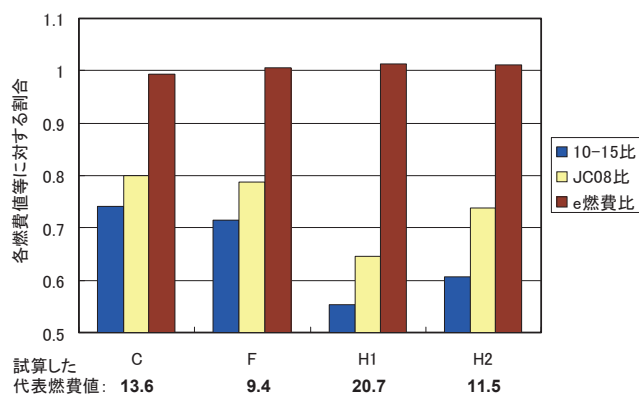


図9 試算した代表燃費値のモード燃費値、実燃費に対する割合

は、気象、未暖機、エアコン使用などの悪化要素が複数影響している可能性が高く、実燃費を把握するためには、そのような観点の評価が有効となる。

- (4) そこでJC08C（35℃試験室エアコンあり）、JC08H（試験法通り）、ハイウェー（25℃試験室エアコンあり）各モード燃費の加重調和平均に、天候等を加味した補正を行い、代表燃費値を試算した。その結果、異なる4車種で実燃費と高い相関がみられ、なお検証、改善は必要ながら試験的な実燃費把握の可能性を示すことができた。
- (5) ハイブリッド車では、冷機状態での燃費が相対的に悪く「チョイ乗り」に向かない。高速走行ではJC08モードよりも燃費が悪化したものがある一方、大排気量のものでは逆に改善するなど、組合せや制御方法等で異なる特性が示された。

5. 謝 辞

試験実施、解析にあたっては、当所技術職員、自動車、計測器メーカーの関係各位に加え、派遣職員宮本文昭氏、2010年度インターンシップ学生堀内康孝君に協力をいただいた。また、データの一部は、住友スリーエム株式会社受託試験のデータを同社了承の上で使用した。ここに謝意を表する。

6. 参考文献

- (1) 鈴木ほか、「モード走行におけるタイヤ損失特性の評価方法について（第2報）」、自動車技術会2010年秋季学術講演会、JSAE 20105793
- (2) 杉 光，山中康司，「熱システムの現状と将来動向」，デンソーテクニカルレビューVol.10 No.1