

# 実走行燃費に影響する因子の定量的解析

環境研究領域  
東京工業大学

※鈴木 央一  
佐藤 進

山口 恭平 酒井 克治

## 1. はじめに

エネルギーコストおよび温室効果ガス低減の観点から、燃料消費率（燃費）改善の社会的要請は高く、その指標として燃料消費率審査値（2010年までは10-15モード、現在ではJC08モードにおける燃料消費率で、以下、「燃費値」という）が用いられている。とりわけ近年では、電気ハイブリッド車（以下「ハイブリッド車」という）等にくわえ、通常ガソリン車においても低燃費につながる技術革新は顕著であり、国内の自動車からのCO<sub>2</sub>排出量は図1に示すように全体では2002年以降、単年レベルでは微増する年もあるものの、概ね低減傾向を示す。近年の燃費改善技術の進化が、このCO<sub>2</sub>排出量削減の主たる理由の一つとして挙げられる。

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が多く見受けられる。実燃費は、走行環境や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、燃費値を中心に分散するのではなく、多くの場合で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モードおよび10-15モードは、いずれも走行実態調査結果をベースに作成され、代表的な走行状態を表現するものとして採用されている。したがって、燃費測定時には現実に即した走行が行われ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か、各種試験調査等より明らかにすることを試みた。

ここで取り上げるのは、以下の5項目である。

- ・気温など環境
- ・走行速度やサイクルなど
- ・タイヤ
- ・エアコン使用

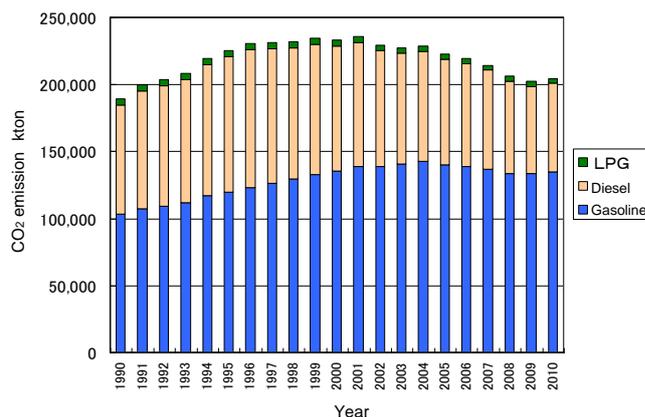


Figure 1, Total amount of annual CO<sub>2</sub> emission from vehicles in Japan

(JNGI2012などを参考に著者作成)

### ・運転方法

まず挙げられるのは、気温や気象、さらには地形によるカーブや勾配など、外的な環境の違いである。これらは自動車メーカーあるいはユーザーの努力で改善できる余地が小さいことから、それらの影響について議論されることは少ない。しかし、燃費や排出ガス試験の際に行われる走行抵抗測定では、気温による補正が行われ、それは1℃あたり約0.9%になり、影響は小さくないとみられることから、実燃費における気温等の影響度を調査した。

二つ目としては、走行パターンなど走り方による影響を取り上げる。JC08モードは代表性がある一方で、走行時間や距離、速度などがそれとは大きく異なる運用をされるケースも相当割合を占めるとみられる。後述するアンケート結果においても、速度別、あるいは短時間短距離の走行（いわゆる「チョイ乗り」）をしたときの燃費などについて情報が欲しいという人は多い。そこで、短距離走行や高速走行を模擬した走り方で燃費はどう変化するのか、車両による比較などを行った。

三つ目としてはタイヤを取り上げる。タイヤの燃費影響は、パワートレインなどと比較して大きいものではない。しかしながら、唯一路面に接して駆動力を伝える部分であることから、車速が低いとゼロに近い空気抵抗と異なり、走行中あらゆる状態でタイヤロスが燃費に影響し、その大きさは無視できない。タイヤ転がり抵抗低減による燃費改善を目指す動きを受けて、タイヤ転がり抵抗係数（RRC: Rolling Resistance Coefficient）の測定法が ISO 28580（JIS D 4234）で定められた。また、それを用いて転がり抵抗の小さいいわゆる「エコタイヤ」をアピールできるラベリング制度（転がり抵抗以外にウェットグリップ性能も記載される）も制定された。

表 1 に転がり抵抗のラベリングにおける RRC の等級分けを示す<sup>(1)</sup>。表中の等級で A 以上であればエコタイヤと称することが認められる。現在では最高ランクの AAA であるタイヤも少数ながらタイヤメーカー各社から市販されており、それらでは一昔前の標準的な水準（等級 B）のものと比較すると 40%程も転がり抵抗係数が低減していることになる。単純に転がり抵抗係数の違いだけを考察するのであれば、燃費影響を試算することは可能で、自動車工業会資料等によると、転がり抵抗の改善率の 1/10～1/6 程度の割合で燃費が改善するとした例がある<sup>(2)</sup>。しかしながら、タイヤの違いによる燃費影響を実測すると、それにとどまらない違いがみられたこともあり、実測結果を示すとともに、燃費評価を行う場合に想定されるエコタイヤ固有の課題について検討を行った。

Table 1 Tire labeling about RRC

Rolling Resistance Coefficient (RRC)	Grade
$RRC \leq 6.5$	AAA
$6.6 \leq RRC \leq 7.7$	AA
$7.8 \leq RRC \leq 9.0$	A
$9.1 \leq RRC \leq 10.5$	B
$10.6 \leq RRC \leq 12.0$	C

四つ目としてはエアコン使用時の燃費についてである。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。（株）デンソーの資料<sup>(3)</sup>によると、日本全国の自動車消費する燃料の約 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測定評価を行い、合わせて設定温度などによる燃費影響への変化を調査した。また、それとともに寒冷条件や日射が加わった場合など年間を通じて起こりうる状況下で、燃費がどのように変化するのか、設備の関係で一部の車種のみであるが試験調査を行った。

五つ目としては、燃料コストおよび CO<sub>2</sub> 排出削減などを意識し、省燃費を図った運転方法（以下、「エコドライブ」という）など運転による燃費影響について取り扱う。エコドライブ手法に関する代表例として、省エネルギーセンターでは「エコドライブ 10 箇条」を提言している<sup>(4)</sup>。そもそもとして、必要以上の急加速等を行うのでもなければ、運転方法により燃費が大きく悪化することは考えにくい。一方で、エコドライブを事業者等で導入し、省燃費効果を上げている例が多く存在する<sup>(5)、(6)</sup>。

「エコドライブ 10 箇条」に示される項目の多くは、  
 (1) 仕事量を減らす  
 (2) エンジン回転数を抑制し、熱効率のよい領域の使用頻度を高める  
 ことを意識したものとなっている。本研究では、シャシダイナモ試験とすることで平均車速など、燃費を左右する他の因子を一定としつつ、ドライバーやアクセル操作による燃費差とその差をもたらす原因について明らかにした。また、近年普及が進むハイブリッド車においては、エネルギー回生や電動機駆動など従来車と根本的に異なる要素がみられるものの、その違いを考慮したエコドライブについて考察された例はない。そこでハイブリッド車を対象に運転方法による燃費への影響について試験および考察を行った。

## 2. 実燃費と燃費値の乖離とユーザー意識

### 2. 1. 実燃費と燃費値の乖離

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、株式会社イードが一般ユーザーより情報を集めた結果をまとめた「e燃費」のデータを用いることにした。それらの燃費は給油量と走行距離よりもとめる、いわゆる満タン法に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2は、e燃費データ（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の上下限を示した上で平均した値をプロットしている。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CO<sub>2</sub>排出量低減に直接的につながるためにも重要である。

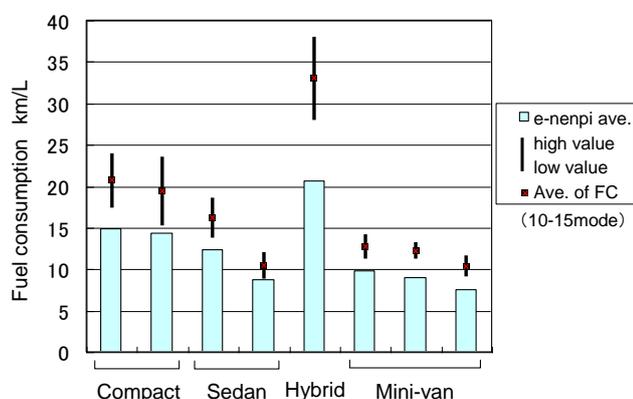


Figure 2, Comparison between 10-15 mode FC and real world FC

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、通常の燃費評価に用いられるFTP75モード、ハイウェイモードに加えて、高速急加速サイクル（US06モード）や高温高日射下での

エアコン使用サイクル（SC03モード）、室温20°F（約7°C）でのFTP-75モードを含む5パターンでの試験サイクルにおける燃費を、複雑な補正や重み付け等の計算をすることにより、市街地（City）および高速道路（Highway）での実燃費を表現しうるものとしている。これらにより、現実性が高まることは確実視される一方で、US06モード、SC03モードはいずれも極限状態での排出ガス性能維持の検証を前提に作成されたものであり、日常高い頻度で起こる運転を模擬したものではない。よって現行車両を前提に実燃費に近い数値を得るものとしては機能しても、今後これらのモードで燃費をよくする努力がなされた場合に、実燃費向上にどれだけ有効か、という疑問な部分もある。

## 2. 2. 燃費情報等に関するアンケート結果

平成22年には、車種別販売台数でハイブリッド車がトップとなるなど、近年ユーザーの燃費に対する意識は高まっている。しかしながら、個人ユーザーを前提とすると、運転する車、使用頻度や走行距離、地域など個別事情が異なる中で、何をどうすればどの程度良くなるのか、といった指針的なものがないことが、燃費に対する意識の高さを、実際のCO<sub>2</sub>排出量低減につなげるにあたって一つの障害となっているのではないかと考えた。

そこで前記e燃費で実施している燃費に関するアンケート調査において、ユーザーが燃費やエコドライブに関して、どのような情報を必要としているか、以下の設問を追加してもらうことで意識調査を行った。

### ・設問1:

あなたが車を購入するときカタログ記載の燃費に関して、載せてほしいと思う項目について、該当するものをお答え下さい。（チェックはいくつでも）

### 選択肢:

1. エアコンを使ったときの燃費
2. 気温が高い時、低い時の燃費
3. 速度別の燃費（高速道路や市街地での速度など）
4. アイドリング時の燃費
5. 5km以内などちょい乗り時の燃費
6. 乱暴な運転、普通の運転、エコドライブの時の燃費

- 7. その他 ( )
- 8. 特にない

・設問 2:

エコドライブをしようとするときに、知りたいと思うものを選んでください。(チェックはいくつでも)

選択肢:

1. 自分の運転のどんなところに改善の余地があるか
2. 自分の運転でどれくらい削減できるか
3. 自分の運転は、他人にくらべどれくらい燃費がいいか
4. 自分の車にはどんなエコドライブが向いているのか
5. 自分の運転にはどんなエコドライブが向いているのか
6. 現在の道路状況ではどんなエコドライブがむいているのか
7. その他 ( )
8. 気にしない

これらを含めたアンケート調査は、平成 21 年秋に行われ、個人ユーザーを中心に 10743 件の回答を得た。

図 3 はアンケート結果を示したものである。「載せて欲しい項目」については、回答者の年間走行距離毎に、知りたいと思うエコドライブ情報については年齢別に分類したものを掲載している。欲しい燃費情報としては、「速度別の燃費」と「エアコンを使ったときの燃費」が上位を占め、これらの項目は走行距離によらず要求が高い。エアコン使用時の燃費については、北海道や東北地方の一部で回答率が非常に低かったことを考慮すると、それ以外の地域で見れば約 70% の人が選択していることとなり、要望の高い要素といえる。それに対して、乱暴な運転やエコドライブ時の燃費については、3 割程度の回答にとどまるが、走行距離の長い群の回答者で平均を上回る回答率となっていることが特徴的である。また、気温の違いによる影響は 2 割程度の回答率で高いとはいえない。これは、ユーザーの裁量により、例えばエアコンなら切って我慢することでその分を稼ぐことができるが、気温についてはユーザーがその影響を変化させることが

できないためと考えられる。

次にエコドライブ情報についてみると、多くの要素について、女性や若い世代で高い回答率となっていることが特徴的である。これは運転経験の少ない人が相対的に多いとみられ、知識や経験として十分でないことに加えて、変えていこうという意識や融通性を持っていることによると考えられる。知りたい項目としては、改善の余地や分野に関するもの、どれだけ改善できるか、他人との比較などが上位を占めた。一方で、「気にしない」という回答は 10% 未満で、多くの人がエコドライブに興味を持ち、情報を得たい意識を持っているといえる。

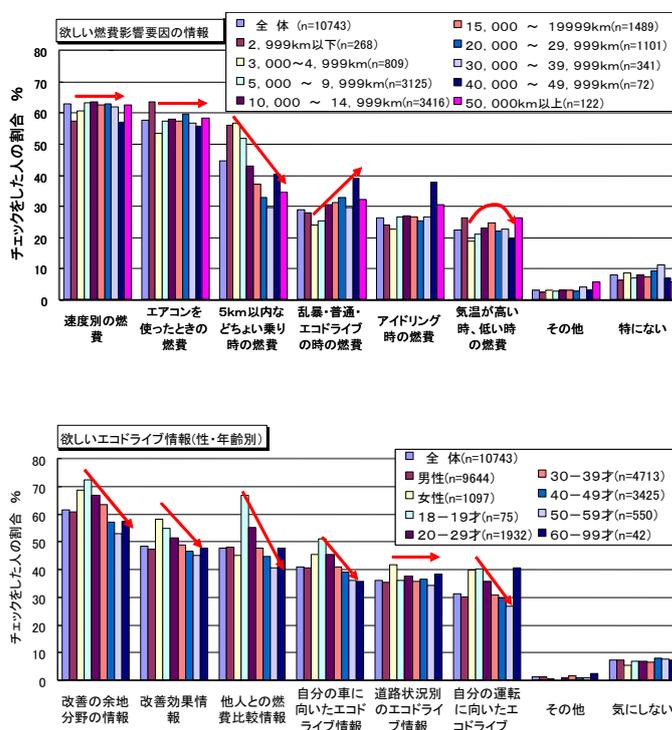


Figure 3, Results of survey by questionnaire about fuel consumption information which is useful for fuel saving drive

### 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、試験法では走行抵抗を求めるにあたり温度による補正が行われる。

車速  $V$  における標準状態での走行抵抗  $F_0$  は、

$$F_0 = a_0 + b_0 V^2$$

$a_0$  : 標準大気条件 (293K) における転がり抵抗相当値 (N)

$b_0$  : 同 空気抵抗係数相当値 (N/(km/h)<sup>2</sup>)

$V$  : 車速 (km/h)

となっており、 $a_0$  および  $b_0$  は

$$a_0 = (a - bv^2) [1 + 0.00864(T_e - 293)] \quad ①$$

$$b_0 = 0.346b (T_e/P) \quad ②$$

$a$  : 転がり抵抗相当値 (実測) (N)

$b$  : 空気抵抗係数相当値 (実測) (N/(km/h)<sup>2</sup>)

$T_e$  : 試験路における平均気温 (K)

$v$  : 試験路に平行な風速成分 (m/s)

$P$  : 大気圧の平均値 (kPa)

と補正される。つまり気温が 1℃ 変化すると、転がり抵抗係数で 0.864%、空気抵抗係数では 0.34% (20℃ 時) 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 4 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、国内主要 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。これは、気温の上昇にともなう走行抵抗減少により予想される燃費変化を上回るもので、暖機時間の短縮なども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。

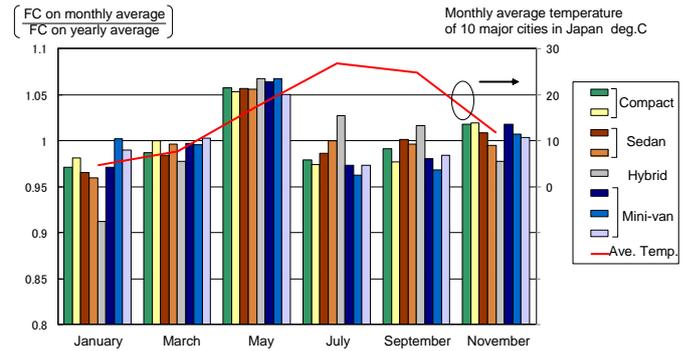


Figure 4, Fuel consumption ratio (yearly average = 1) of each month and ambient temperature of monthly average

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するほか、水の粘性抵抗等を受けることとなるため、走行抵抗が増加する。過去に当研究所で測定した例<sup>(7)</sup>では、気温 25℃ 程度のやや濡れた路面 (図 5) 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トレッド部の表面温度が 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排気量 1.8L のハッチバック車 (後述表 2 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。



Figure 5, Test track of light wet condition that increases 15 % of rolling resistance

### 3. 2. 走行状態による燃費の違い

一般に平均車速と燃費とは相関があり、50km/h 程

度までであれば、平均車速が高いほど燃費が良くなる傾向を示す。そのことから、走行状態が燃費に及ぼす影響は大きい、現状の燃費評価は平均車速 24.4km/h の JC08 モードのみが用いられる。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。

その対局ともいべき平均車速が大きく異なる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。

### 3. 2. 1 試験設備と試験車両

本試験に用いた設備について、シャシダイナモは明電舎 FCB-DCH で 40kW の直流ダイナモメータで電気慣性とフライホイール併用式のものである。排出ガス分析は定容希釈 (CVS) 法による測定とし、CVS 装置は堀場製作所 CVS9400S、排出ガス分析計は同 MEXA7200 を用いた。いずれについても JC08 モード等の排出ガスおよび燃料消費率試験に関する技術基準等に定められた性能を有するものである。

表 2 に試験に使用した車両の諸元を示す。通常のカ

Table 2 Specification of test vehicles

ID	A	B	C	D	E
Registered year	H20	H15	H23	H20	H24
Displacement L	1.0	1.4	1.5	1.8	1.8
Curb weight kg	990	1060	1090	1260	1320
Transmission	CVT	4AT	CVT	CVT	CVT
Vehicle shape	2box	2box	2box	2box	sedan
10-15 mode FC	22.0	16.4	18.2	16.8	17.0
JC08 mode FC	—	—	—	—	15.8
Others	w/idle stop				
ID	F	G	H	H1	H2
Registered year	H22	H22	H19	H22	H24
Displacement L	2.0	2.4	3.0	1.8	3.5
Curb weight kg	1610	1850	1890	1310	1860
Transmission	CVT	CVT	5AT	CVT	7AT
Vehicle shape	mini-van	mini-van	mini-van	hatchback	sedan
10-15 mode FC	13.2	11.6	9.8	38.0	19.0
JC08 mode FC	12.0	11.2	9.0	32.6	15.6
Others			Variable cylinder	Hybrid	Hybrid

ソリン車である A~H は排気量と車両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 2 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。

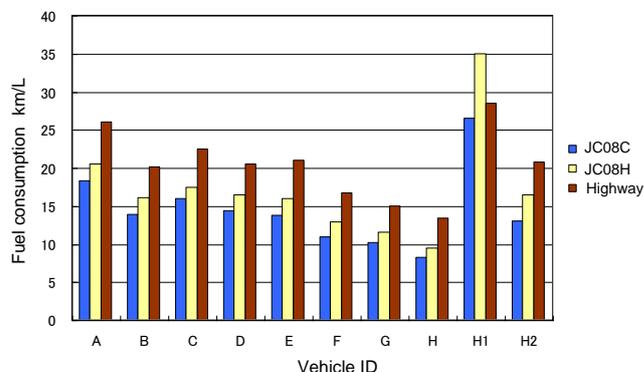


Figure 6, Fuel consumption in JC08C, JC08H, and highway test cycle in each vehicle

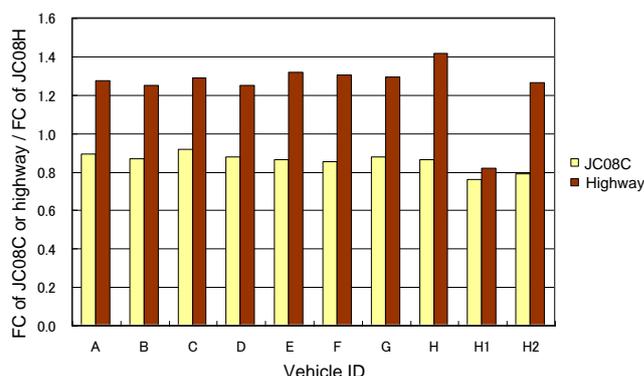


Figure 7, Fuel consumption ratio (JC08H=1) in JC08C, highway test cycle in each vehicle

### 3. 2. 2 測定試験結果及び考察

図 6 は、各車の JC08C、JC08H、ハイウェイの各モード燃費を、図 7 は JC08H を基準としたときの他 2 モードの比率を示す。図 6 より、ハイブリッド車以外では、JC08C では JC08H から 1 割あまりの悪化、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、個々にみると差はあるものの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 2 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車では逆に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相当(欧州ではCO<sub>2</sub> g/kmで表記)で国内と大きく異なる。これは欧州モードは冷機状態から始める試験のみであり、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、そこで最も燃費の良いH1車で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は、ハイブリッド車をその特性に合わせて効果的に運用することに寄与すると考えて比較解析を行った。

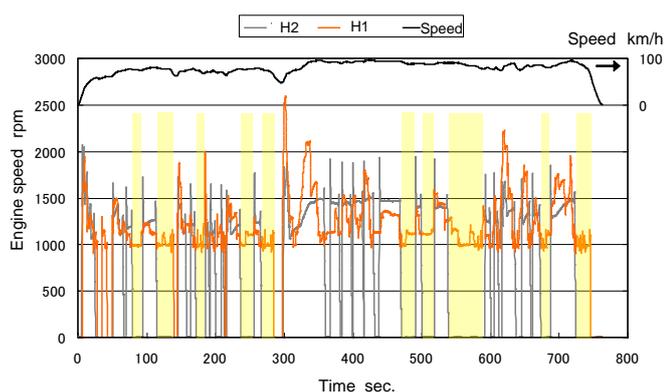


Figure 8, Engine speed comparison with vehicle H1 and H2 in highway mode

図8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。ハイブリッド機構の有無に関わらず、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高い頻度で使用することで燃費改善を図るものである。しかし図8をみるとエンジンサイズの小さいH1車のほうが低速エンジン回転数となっている領域が少なくない。これはH1車では無段変速機の制御等により、巡航状態では通常の自動変速機をもつH2車よりもむしろ低速エンジン回転を使用するため、H2車の高速燃費向上をダウンスピーディングで説明することはできない。

図から読める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出力的余裕によるものとはいえ、エンジンとの統合制御上の理由によるものである。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背景を示すデータといえる。

### 3. 3. タイヤによる燃費影響

#### 3. 3. 1. 転がり抵抗係数とJC08モード燃費の関係と課題

タイヤの転がり抵抗係数(RRC)は冒頭で述べたとおり、ISO 28580 (JIS D 4234)で定められ、既述のように自動車工業会資料等によるとその変化率の1/10~1/6程度の燃費影響があるとされる。

図9は、あるタイヤメーカーのホームページから引用したもので、ある商用車用の新製品タイヤにおいて転がり抵抗係数と燃費が従来品からどれだけ改善されたかが記載されたものである。この図では、新タイヤは旧タイヤよりも転がり抵抗係数が約19%低減し、燃費が約4.9%向上した、としており、一般にいわれている転がり抵抗減少から予想される水準よりもかなり大きな燃費向上効果が得られている。当該燃費試験については交通安全環境研究所にて当該タイヤメーカーより受託して、惰行試験による走行抵抗測定からシャシダイナモを用いた燃費評価試験まで実施しているが、燃費差が拡大した理由の一つとしてコール

ドスタート試験の存在が挙げられる。JC08C モードで 5%を大きく上回る燃費改善効果が得られたことが、全体を押し上げる結果となった。一般にエコタイヤ等タイヤロスの小さいタイヤでは、発熱が減少するため、暖機後のタイヤ温度が一般的なタイヤよりも低くなる傾向にある。一方、コールドスタート試験開始時では、長時間ソークした状態であるため、いずれのタイヤにおいても温度は室温の 25°Cで同一である。そのため、暖機後との温度差の大きい旧タイヤでは転がり抵抗の増加が新タイヤよりも顕著になり、燃費差が拡大したと考えられる。この結果は、認証試験に定める燃費評価方法を行うことで、単に転がり抵抗係数の違いにとどまらない、実際の車両で起こる燃費影響を表現できたものといえるが、一方でタイヤにより、温度等の条件による燃費影響が異なるものであることを示唆する結果ともいえる。

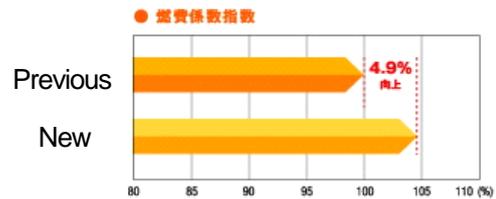
タイヤと温度影響に関して、いわゆるエコタイヤにおいては、RRC の温度変化率が従来タイヤと異なるとした例が報告されている<sup>(8)</sup>。したがってエコタイヤを装着した車両においては、標準大気条件 (293K) と大きく異なる気温で惰行試験が行われると、試験法に基づく補正を行っても適切な走行抵抗値が得られず、精度よい燃費測定が困難になる。それを解消するためには 293K 近傍で惰行試験を実施すればよいことになるが、それでは季節に限られる上、惰行試験には気温以前に天候や風の制約があり、精度向上のために気温の範囲まで限定することは現実的といえない。そこで、幅広い温度環境でタイヤによらず公平な走行抵抗測定を行うことを目的として、エコタイヤ等の温度影響の変化が実車両に装着した状態でどの程度なのか評価した。また、その変化を適切な補正等をおこなうことで、気温の異なる環境下で行われた試験においても公平性が確保されるために必要な要件を、タイヤ試験機を用いた基礎特性等の解析を含めて考察した。

### 3. 3. 2. 走行抵抗測定条件及びタイヤ諸元

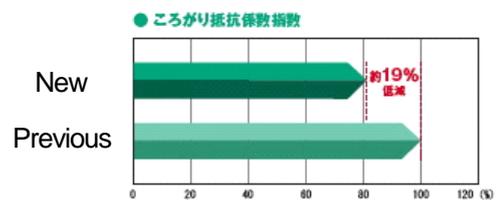
走行抵抗測定は、当研究所熊谷自動車試験場テストコースにて、2011 年 8 月、9 月および 2012 年 1 月、7 月に実施した。同一の走行路を往路、復路 3 回ずつ惰行する、保安基準の細目告示別添 42 (いわゆる JC08 モード試験法) に基づく測定を行っている。惰行走行路の直線区間は約 1km で、1 回の惰行試験を 2 ～3 回に分割して行った。気温については、テストコ

data

FC improved 4.9% in JC08 mode



RRC reduced 19%



Refer from a tire maker's homepage  
(Some parts were revised.)

Figure 9, An example of relationship between FC and RRC in two kinds of tires

ース脇芝生上の百葉箱で測定される温度を用い、3 往復行う惰行試験各回の前と後、計 4 回の測定値を算術平均して代表気温とした。

一方、タイヤ単体における温度影響を調査するために、タイヤ単体試験機を用いた。この試験機は、ISO28580 に基づく RRC の測定に加えて、タイヤ周囲温度とローラ温度それぞれを単独で変化させて RRC を測定することが可能なものである<sup>(9)</sup>。

供試した車両は、表 2 の車両 D を用いた。トランスミッションに CVT を採用するなど燃費性能は、平成 22 年度燃費基準を 5% 上回る。車両重量は 1260kg であるのに対し、走行抵抗測定時の重量はエコタイヤ装着状態で 1427±4kg であった。タイヤ空気圧は当該車両の指定値を用い、前後いずれも 220kPa (暖機前) とした。

タイヤについては、最高水準のエコタイヤを含むこととして、ラベリング制度の最も転がり抵抗の小さいランクであるグレード AAA のもの 2 種を含む 6 種類を使用した。諸元を表 3 に示す。サイズはいずれも 195/65R15 で、同じアルミホイールに装着した。表中

の RRC はタイヤ試験機により計測した実測値である。また、ホイール込み 4 本合計のタイヤ質量を記載しているが、質量が異なる場合、正確には回転部分の慣性質量も変化する。ただし走行抵抗算出に際しては、TRIAS に従った同一値とした。タイヤ単体試験においては、RRC と温度変化率の関係をより幅広い形で調査するため、表 3 に示したものに加え、製造者の異なるエコタイヤからミニバン用等多岐にわたるタイヤ合計 13 種について評価試験を実施した。

Table 3 Specification of tires

ID	A	B	C	D	E	F
Labeling	AAA-c	AAA-c	AA-c	A-b	-	-
RRC	6.42	6.50	7.50	8.52	10.92	8.79
Weight w/ wheel kg	60	59	61	64	65	66
Character	eco	eco	eco	high grade	standard	studless

### 3. 3. 3. 測定結果と考察

#### (1) 惰行試験結果からみた各タイヤの温度影響

図 10 は、各タイヤの気温による走行抵抗の変化について、気温補正前と試験法に基づく気温補正後を合わせて記載したものである。この試験結果から、補正前では転がり抵抗が気温とともに減少するのに対し、補正することで概ね傾きは減少する。しかし気温補正を行った場合であっても、C、D のタイヤを除いては、気温 10℃と 30℃とでは 5%を超える違いがみられ、現状の温度補正では気温差を十分評価できていないことがわかる。とくにエコタイヤである A、B においては、補正後であっても気温の上昇とともに転がり抵抗が減少し、とくにタイヤ A では、25℃違うと 15%以上変化した。これらの走行設定にて JC08 モード燃費評価を実施したところ 2%の差（試験車は表 2 の車両 D）が生じた。この差は小さいとはいえ、エコタイヤにとっては現状の補正が適切といえないことがわかった。一方、スタッドレスタイヤでは、逆に気温の上昇とともに補正後の転がり抵抗係数が大きく増加する。このような温度特性のため、冬季ではエコタイヤより、RRC では大きく劣るスタッドレスタイヤで転がり抵抗が減少するケースがある一方で、気温の高い環境で試験を行うと、エコタイヤを装着した場合に転がり抵抗が小さく評価され、燃費評価に有利な結果になることがわかった。

図 10 の結果から、各タイヤの転がり抵抗の温度変化率（293K を基準としたもので、3.1 項①式の係数

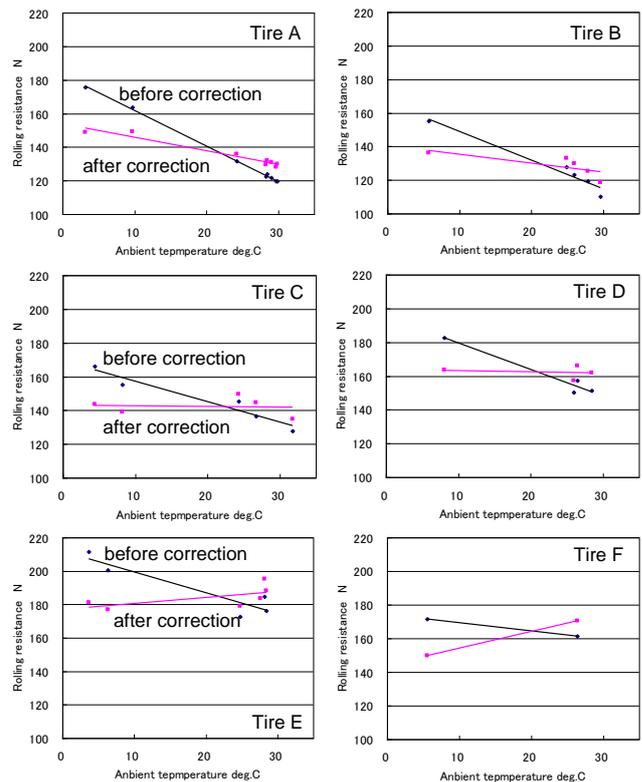


Figure 10, Relationship between ambient temperature and rolling resistance from road load measurement by coast down method

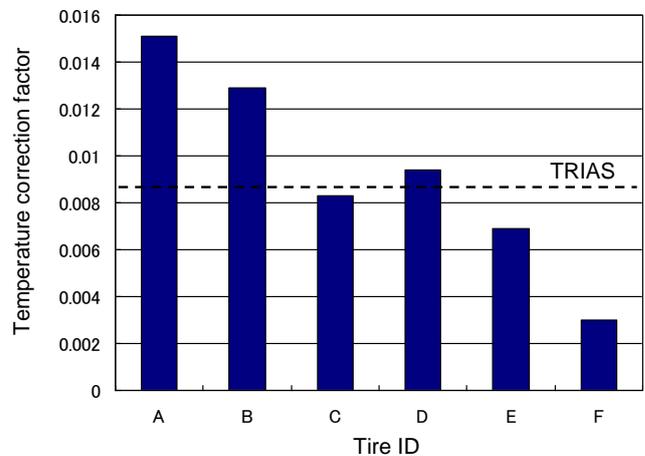


Figure 11, Temperature correction factor calculated from coast down tests for each tire

0.00864 に相当する値。以下「TRIAS 補正值」という) を実測値から求めた。その結果を図 11 に示す。変化率の大きいタイヤ A と小さいタイヤ F では、いずれも TRIAS 補正值から ±50% を超えるずれがあり、一定値としている現状にかなり無理があるといえる。ただし、燃費測定時にスタッドレスタイヤを装着することは一般的でないとする、タイヤ C~E ではさほど大きな乖離でないことから従来は概ね妥当性

があったものが、最新エコタイヤの普及とともに拡大する傾向にある問題といえる。

(2) タイヤ単体試験結果による温度変化率

前項の惰行試験による転がり抵抗の温度変化率特性の解析は、タイヤの影響が大半と予想されるものの、車両、テストコース、環境影響等多くの変動要因を含んだものとなってしまう、タイヤ単体の特性がどこまで反映されているのか明らかといえない部分がある。そこで、タイヤ単体試験機を用いることで、それら変動要因の影響をなくした温度変化率の測定をおこなった。

図 12 に、タイヤ試験機を用いて求めた各タイヤの RRC の温度変化率を示す。図 11 の惰行試験結果と比較すると、タイヤ毎の序列はやや異なるものの、AAA の 2 種のエコタイヤ (A、B) ではいずれも 0.012 を超える高い水準にあること、スタッドレスタイヤ (F) で最も低い値になることなど類似の傾向がみられている。したがって、惰行試験結果で観察された現象の多くは、タイヤの特性に起因するものと考えられる。また、図 12 の結果では、スタッドレスタイヤを除く各タイヤの温度変化率を順位付けすると、ラベリングのグレードと一致する。

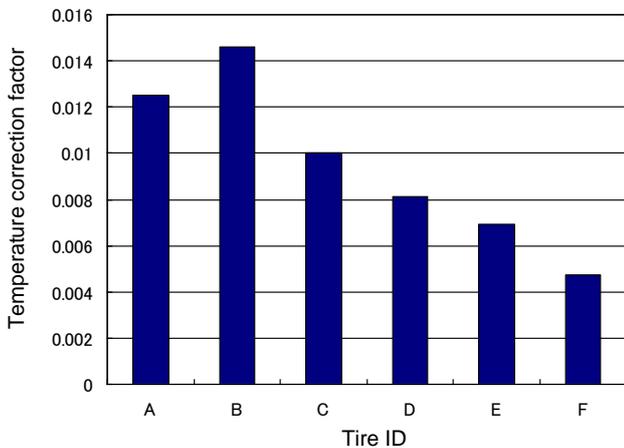


Figure 12, Temperature correction factor calculated from tire test bed measurement for each tire

この結果は、転がり抵抗と温度変化率に高い相関があることを示唆するものである。そこで惰行試験に用いた 6 種のタイヤに加え、同サイズの様々なタイヤ合計 13 種と、より扁平なスポーツタイヤについて、ISO に基づく RRC と RRC の温度変化率について相関を調べた。

結果を図 13 に示す。図中には、スタッドレスタイヤとスポーツタイヤを除く 12 種のタイヤのデータから求めた近似曲線を記載した。この結果から、RRC と温度変化率は高い相関があることが示された。燃費をよくするためには、タイヤの転がり抵抗は小さくしたいものの、止まる、曲がる、などの観点からグリップ力を確保しなくてはならない背反もある。エコタイヤでは、転がり抵抗を低減する一方で、ウェットグリップを確保するため、タイヤ温度が大きく低下する濡れた路面では摩擦力を大きくする技術が盛り込まれ、結果として温度変化率が大きくなる方向になったものと推測され、タイヤメーカー等の違いによらず同様

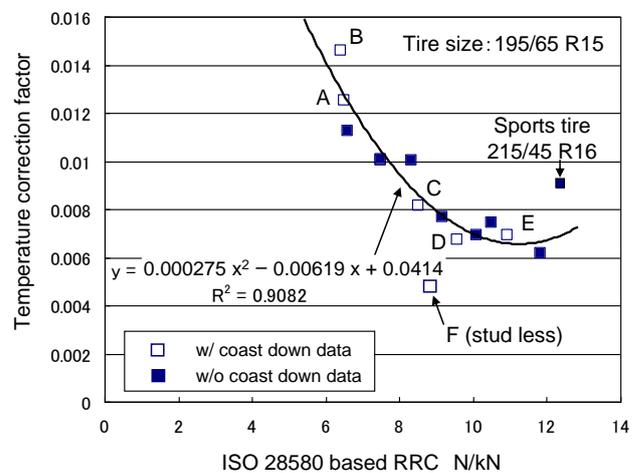


Figure 13, Relationship between RRC and Temperature correction factor of RRC for various tires

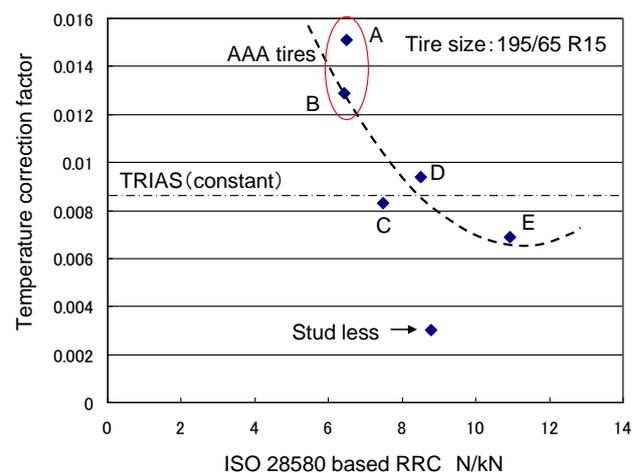


Figure 14, Relationship between RRC and Temperature correction factor from road load measurement tests for various tires

の傾向が得られたものと考えられる。また、近似式は、RRCが11程度を最小としてそれを超えると再度上昇傾向になるものである。

現行のタイヤでは、概ね RRC は減少傾向にあり、RRC>12 のタイヤの有効なデータはないものの、参考データとして記載しているスポーツタイヤのデータはその傾向を示唆するものといえる。当該スポーツタイヤはトレッド幅が他のタイヤよりも約 10%広いことから、主にトレッドゴム性状に起因する温度変化率は拡大する方向とみられる。そのトレッド違いを考慮しても温度変化率は上昇すると予測され、他のタイヤから得られた相関式は広い RRC において高い妥当性を示すものと考えられる。

図 13 で示された近似式曲線に、供試 6 タイヤの惰行試験から求めた実測の温度補正係数を記載したのが、図 14 である。スタッドレスタイヤを除く 5 タイヤについて、概ね近似曲線を中心に、その近傍に分布している。とりわけタイヤ A、B、E の、TRIAS 補正值では乖離の大きいタイヤにおいて、温度変化率をより高精度に表現することができるものと考えられる。

### 3. 3. 4 温度変化率の違いを考慮した走行抵抗算出

図 13 で得られた近似式から、3. 1 項にある①式における温度補正係数 0.00864 を以下の式で求めることとする。

$$0.000275 R_c^2 - 0.00619 R_c + 0.0414 \quad (3)$$

$R_c$  : ISO 28580 に基づくタイヤ転がり抵抗係数 (N/kN)

図 15 は、これまでの温度補正で最も乖離が大きかったタイヤ A、およびタイヤ A と反対の傾向がみられたタイヤ E についての各惰行試験結果の気温に対する転がり抵抗を、図 10 に示した惰行試験の結果に、式③を用いた補正結果を、TRIAS 補正值等とともに示したものである。

この図から、気温差が 20℃以上ある場合には TRIAS 補正を行っても各データ間で、タイヤ A では約 15%、タイヤ E では約 10%の差が生じたものが、前記③式を用いた温度補正を行うことで、それぞれ約 7%、5%と半分以下の差に抑えることが可能となり、

さらにそれらの近似直線の傾きはゼロに近いものとなった。これは、温度影響を補正によりほぼキャンセルできたことを意味しており、ISO に定める RRC を基にした温度補正式を用いることで、走行抵抗測定における転がり抵抗評価の精度および妥当性の向上が可能となることがわかった。

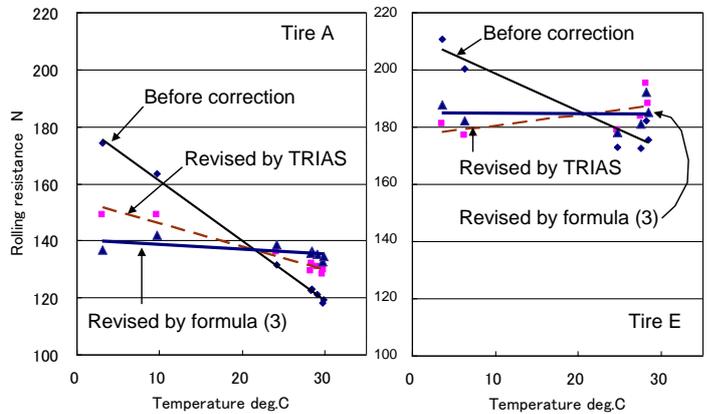


Figure 15, Relationship between ambient temperature and rolling resistance value of before correction, revised by TRIAS, and revised by formula (3)

## 3. 4. エアコン使用による影響

### 3. 4. 1 試験施設、条件など

エアコン使用時の燃費評価について、大半の試験については特別の環境試験室でなく、3. 2 項等で用いたものと同じJC08モード等の評価試験を実施する施設を用いた。通常の試験とは異なる試験室 35℃の条件とする場合においては、夏季に空調能力の範囲でその温度に設定できる場合に限り試験を実施した。実際の室温は、試験室内の熱負荷や空気流動等の影響を受け、同一の設定温度であっても-1~+2℃程度の範囲で変動した。なお、室温は試験車両から 2m ほど離れた試験室壁面付近の高さ約 1m の位置で測定している。これとは別に、一部複合影響を調査する試験については、温度、湿度、日射条件を幅広く設定できる環境試験室にて試験を行った。

車両側のエアコン設定としては、一部の設定温度を変化させる条件を除いて設定温度は 25℃とした。エアコンを使用する全ての試験で、吹き出しはフェイスで風向は正面、フルオートの状態とした。一部のマニュアルエアコン搭載車においては、設定温度最低、風量最小、外気導入を基準として、試験室温度が高いなどその状態では車室内温度が 25℃を超える場合には

手動にて風量を増加させて、条件的に対等となる設定とした。車室内温度は、ルームミラー後方約 30cm かつルーフ下方約 10cm、助手席ヘッドレスト前方約 5cm、ハンドル中心部の 3 箇所について K 熱電対を用いて試験中を通じてリアルタイムで測定し、その平均値を採用した。また、とくに解析等には用いていないが、エアコン吹き出し口内と車室内温度センサー付近においても熱電対を用いた温度測定を行った。

### 3. 4. 2 試験結果とその解析

図 16 は、試験室温度 25°C および 35°C 環境で、車内 25°C 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各車両における燃費悪化率を示したものである。試験室 25°C では、概ね 8~20% の燃費悪化がみられる。同 35°C 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°C 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。この理由としては、コンプレッサー等の効率の問題と制御の問題の両方が関係していると考えられる。それに関して、エジェクタ方式の最新技術が導入されたエアコンを持つハイブリッド車と比較的安価なエアコンを装備すると考えられるコンパクトカーとを用いて試験室温度とエアコン設定温度を変化させて燃費影響の違いを調査した。

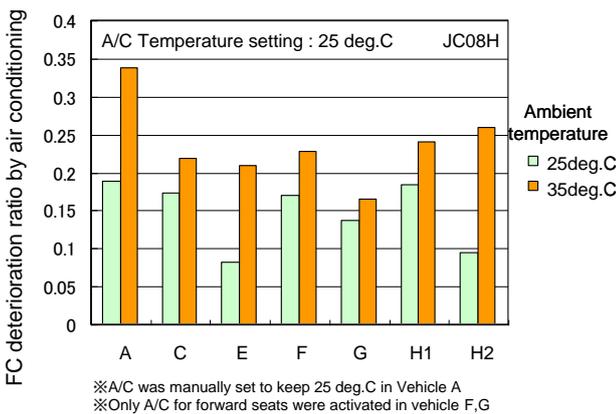


Figure 16, Fuel consumption deterioration ratio by air conditioning (A/C) for each vehicle (JC08H)

図 17 は表 2 の C 車と H1 車において、25°C および 35°C 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 CO<sub>2</sub> 排出増加量の関係を比較したものである。C 車では試験室 35°C、H1 車では同 25°C の条件では、設定温度を下げた場合に CO<sub>2</sub> 排出増加量が減少、すなわち燃費が良くなっていることがわかる。このような逆転現象が起こる原因として 2 つの理由が考えられる。第一には、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ーの作動負荷がかえって高まることがある。第二は、車室内外の温度差が小さいときには外気導入を行い、温度差が大きいと内部循環に切り換えるなど制御が変更されるためである。内部循環であれば冷房前の空気が設定温度近傍であるため、外気温度は高くてもエアコン負荷的にはむしろ小さくなるケースがあり、設定温度が下がってもむしろ燃費は改善する。C 車では、試験室温度 35°C で設定温度を低下させる、つまり冷房負荷として最も大きな状態でかえって燃費が改善するが、その理由としては後者の要素が大きいとみられる。

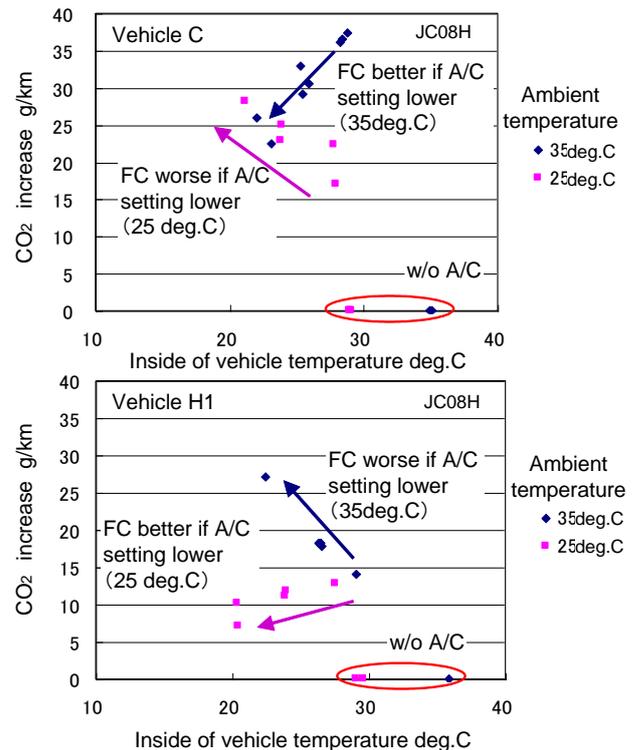


Figure 17, Relationship between room temperature and CO<sub>2</sub> emission increase by changing temperature setting of air conditioning

日射下に放置された自動車の車室内は 50°C 以上にも上昇するケースは少なくないことから、そこから短

時間に設定温度に近づける強力な冷房能力が求められる一方で、車室内空間は住居や事務所等と比較すると小さく、様々な変動に対して一定温度に保ち快適性を維持することが困難な状態にある。そのために、快適性を優先してエネルギー消費効率を常に最小限度とはできないケースがあり、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生じたものと考えられる。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. 5. 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。

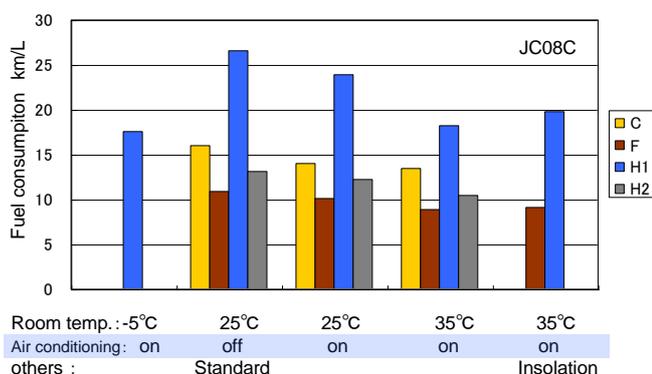


Figure 18, Fuel consumption at JC08C test cycle in various conditions

図 18 は、各車様々な条件下における JC08C モード走行時の燃費を示す。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°C 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°C 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°C 条件の JC08H で約 4%)。にもかかわらず、

25°C 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ことに加え、H1 車ではハイブリッドバッテリーが温度が低いと本来の性能が出せないためと考えられる。なお、e 燃費データで 1 月の北海道で 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。一方、日射あり条件ではエアコン負荷が増加するものの、F 車ではむしろ燃費が改善し、H1 車でも同等となっており、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、結果的に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. 6. 運転方法による燃費影響について

#### 3. 6. 1. 概要

エコドライブについて定性的な事柄については、広く知られているが、定量性については明確でない。なぜなら、「〇〇をしたら燃費〇%改善」といった記述はわかりやすいが、エコドライブに対する標準となる運転というのが確立しているわけではない。加えて、エコドライブを意図してアクセル操作が変わると、それに付随して車速が変わってしまい、同一距離を走るとすると到達時間が変わってくる。その結果として燃費が変わっても、その理由が加速度なのか車速なのか切り分けることは困難になる。その中で省エネルギーセンター谷口らは、発進加速時の燃料消費について試験を行い、発進後 5 秒程度で 20km/h となる加速が最適であるという結果<sup>(10)</sup>を公表している。しかしそれは限られた車両や条件の値で一般解とするには不十分であり、さらに、実使用状況では、天候や気温なども影響するし、混雑状況も異なる。アクセル操作の影響を調べるために、それ以外の要因は排除したいといっても、実際に一般道を走行してそれを行うのは事実上不可能である。そこで本報告の範囲ではすべてシヤンダイナモ試験とすることで、アクセル操作の違い

を対等かつ定量的に評価することを可能とした。

一方で、実際の都市内走行は大きな交通流の中を走行するもので、ドライバー個人が車速を決める範囲は限られる。本研究では、そうした現実的走行状態において、運転操作により燃費がどのように変化するか、について着目した。そこで、都市内走行を代表する同一の走り方を行った場合に、

- (1) 運転者の違いにより、どれだけ差が生じるのか。
- (2) その差が生じる要因は、どういったことか。
- (3) 同等の走行でさらなる燃費改善は可能か。

という点について、乗用車をシャシダイナモ上で試験することで定量的に解析することを試みた。

一方、近年急速に普及が進むハイブリッド車においては、電動機駆動やエネルギー回生を行うため、それらの事情が異なってくると予想される。例えば通常加減速を抑制することは、仕事量を低減し燃費改善につながるが、エネルギー回生が行われる場合、その影響は小さくなると予想される。むしろ、仕事量よりもエンジンがどれだけ熱効率で作動したかが従来以上に大きく影響する可能性が高い。また、「エコドライブ 10 箇条」の中で「早めのアクセルオフ」ということがいわれている。これは燃料カットが行われる時間を増やすことで燃料消費を抑える意図があるとみられる。しかしながら、ハイブリッド車におけるエネルギー回生は、基本的にブレーキ熱として捨てるエネルギーを回生するものであり、車両ロスに基づく減速である惰行、あるいはエンジンブレーキを行っている状況では回生を行えない。現在では減速時にはエンジンを動力系から切り離して回生効率を高める機構を持つものが多数を占めるが、ある速度で定常走行した状態から、早めにアクセルを離して惰行等で停止してもエネルギー回生は効果的に行えないのに対し、定常走行を増やして積極的に回生可能な減速を行った場合の方が、燃料消費改善に有利なことが予想される。また、既存車では、エコドライブの如何によらず、走行中は基本的にエンジンが稼働しており、エンジン稼働時間はほぼ走行時間に依存する。一方のハイブリッド車では、同一時間走行したとしても、エンジンの駆動時間が制御次第で走行状態により大きく変化しうる。

このように、これまで前提となっていた事柄を抜本的に変えてしまう要素を持つハイブリッド車が、相当数普及している状況にもかかわらず、その技術的特性を考慮したとみられるエコドライブ手法について明

らかにした研究例はない。そこで、代表的なハイブリッド車を例に、エコドライブを実施するために有効な要素の提起を試みた。これは、ハイブリッド車が普及している今後の日本における、マクロな省エネルギー化および低 CO<sub>2</sub> 化に寄与するものとする。

### 3. 6. 2. 試験方法、条件など

試験設備は、3. 2 項で用いたものとおなじ設備を使用した。試験車両として、アクセル操作に関する燃費影響については表 2 における B 車を用い、ハイブリッド車におけるエコドライブ手法に関する調査では、同 H1 車を用い、比較対象として最高エンジン出力が比較的近接していることなどから B 車を用いた。

燃費評価に用いる走行モードとしては、燃費の認証試験に用いられる 10-15 モード、および JC08 モードとした。JC08 モードについては、ここではすべてホットスタートのみの試験としている。モード試験では、不自然のない範囲でベストを尽くして車速を追随するものとするが、実際の現実的な走行を考慮した場合、モード試験のように 1km/h、1 秒外れないように細かいアクセル制御をするのではなく、同等の交通流の中で、多少の加速度等の変化をつけて、燃費を意識した運転というのは現実に行いうるものといえる。そうした運転を代表するものとして本研究では、JC08 モードのモード試験で設定される許容誤差範囲（±2km/h、前後 1 秒以内）で、加速度を抑制するなど燃費を意識した運転を、各ドライバーについて実施した。この範囲であれば現実の交通流を阻害しないものと考えられる。こうした運転を本論の中では、JC08 エコと呼ぶこととする。

ドライバーについて表 4 に示す、4 人のドライバーで試験モードを運転して、燃費比較試験を行っている。運転者 A は自動車メーカーの熟練テストドライバーであるのに対し、ほか 3 人は非熟練者である。運転者 B、C は、他の業務の傍ら相当回数モード試験を経験しているが、運転者 D は日常も含めて運転をしていない者である。運転者 D の場合は、試験中に習熟

Table 4 Specification of drivers

Driver ID	A	B	C	D
driving frequency	everyday	1-2 times a month	everyday	none
skill for test cycle driving	expert	intermediate	lower intermediate	beginner

するといったこともばらつき要因として考えられる。ここでは、当該モードについて1回練習走行を行った後に計測運転を実施することとし、走行順序は、10-15モード、JC08モード、JC08エコとした。

ハイブリッド車における燃費評価では電力収支を考慮する必要がある。その際には、まずモード走行開始前と終了後それぞれのバッテリーの充電状態(SOC: State of Charge)を整備用スキャンツールから読み取り、モード間のバッテリー状態の変化( $\Delta$ SOC)を求めた。そして $\Delta$ SOCの異なる複数回の試験結果からSOC1%に相当する燃料消費量を求め、カーボンバランス法による燃費値に $\Delta$ SOCの補正を行った。

エコドライブの効果を解析するにあたり、車速、エンジン回転速度、希釈排出ガス濃度、ダイナモ制動力および吸収力の瞬時データを収録した。ハイブリッド車においてリアルタイムの電力収支は取得できなかったため、エネルギー回生量を算出するにあたっては、減速時の負のダイナモ吸収力(=ダイナモ駆動力)から求まる仕事を用いた。一般に低速度で積極的な回生を行った場合、急制動となり運転性が悪化する傾向になるため、機械ブレーキを併用するなど一定以上の速度の場合と制御方式を切り替えると予想される。供試ハイブリッド車においては、各種報道等より車速20km/h以下で制御が切り替わると想定し、それ以上では機械効率を考慮した5%の損失があると仮定したが、そこでは回生効率が20%低下するとした。この値はスキャンツールによる電力収支のデータ等より推算したものである。

### 3. 6. 3. 試験結果及び考察

(1) 法定試験モードにおけるドライバーによる燃費の違い

図19に10-15モードおよびJC08モードにおける、各ドライバーのモード燃費を示す。いずれのモードにおいても、運転者Aが最もよい燃費を記録している。運転者Dと比較すると、10-15モードでは差が最大0.7km/L、5%以上に及んでいるのに対し、JC08モードでは、おおむねその半分の0.37km/Lの差に止まっている。このことから、10-15モードではとりわけ運転者による差が出やすいことがわかる。10-15モード燃費の審査値は、通常のドライバーが日常運転で再現することは一般に困難で、現実と乖離しているとい

われることが多い。その要因として既述の多くの事柄が関係するが、運転操作の面からも、数%レベルではあるが一般ドライバーの運転ではテストドライバーの値を再現できないことを示している。その理由について、10-15モードのリアルタイムデータから、解析を試みる。

図20は、10-15モードにおける2サイクル目の10モード部分について、車速、吸気負圧、瞬時燃料消費量を各ドライバー別に比較を行ったものである。4人のドライバーにおいて、まず明らかな違いは、運転者Dでは加速時のアクセル変動が他のドライバーよりも著しく大きいことである。初心者ドライバーの場合、必要な加速度にするためのアクセル開度が把握できていないため、アクセルを踏みすぎて戻すことを繰



Figure 19, Fuel consumption for each driver at 10-15 and JC08 test cycle

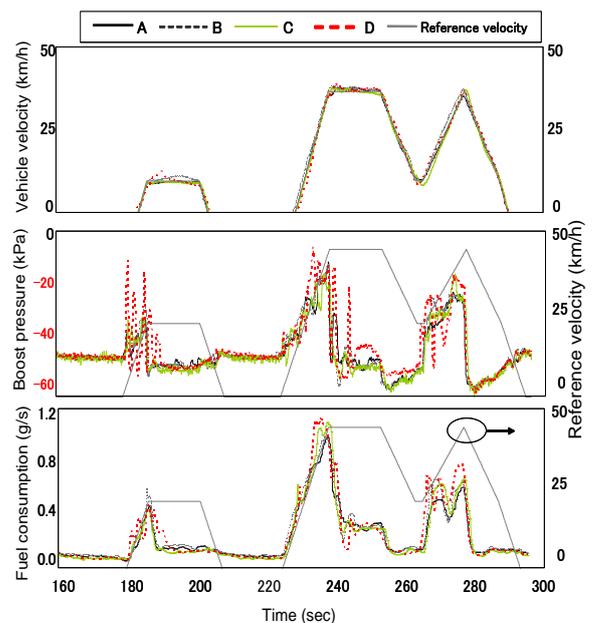


Figure 20, Vehicle velocity, intake boost pressure, and real time fuel consumption for each driver at 2nd 10 mode of 10-15 test cycle

り返すことがある。とくに図の前半部分においては、それが顕著で、モードの車速は一定加速であるにもかかわらず、負圧、瞬時燃費に大きな変動がある。後半の 40km/h への加速では、そうした変動がかなり抑制されているが、それでも瞬時的な吸気負圧および瞬時燃費いずれもドライバー D が最大値を記録している。こうした挙動が燃費悪化につながったとみられる。それについて、10 モード部分における、後半 40km/h のショートトリップ (ST) の発進から 40km/h までの加速部分、そしてそれ以後の部分について、各ドライバーの燃料消費量を運転者 A を基準とした比率としたものを図 21 に示す。運転者 A に対し、いずれのドライバーも、発進加速時のほうがその他の部分よりも大きい。その上で運転者 D の燃料消費量は B、C よりもさらに 3~5%増加しており、この図においても、加速時の操作が燃費に影響を及ぼしているといえる。しかし、この違いは運転者 A と比較した場合の、B および C との違いと同等かむしろ小さい。図 20 では、運転者 B、C の A と比較したアクセル操作等の違いは、さほど大きいものではなかったにもかかわらず、燃費では明らかな差が生じた。この要因について、加速から定常走行に移る部分 (図 20 における 240 秒付近) に着目して検討する。その部分では、運転者 A のみアイドルより低い負圧にならず、瞬時燃費もなだらかに定常部分につながっている。これは、ほかのドライバーでは、踏み込んだ加速から定常部分に移行する際に一旦大きくアクセルを戻し、瞬時的にエンジンブレーキがかかる状態を経由することで速度を安定させていることを示す。実際に減速ではない部分でエンジンブレーキをかけることは損失につながる。

その状況を示すものとして、当該部分の発進加速における各ドライバーが運転した際の、ドライバー A を基準とした仕事量の割合を図 22 に示す。仕事量をみると運転者 B が最大となっている。運転者 B はアクセル操作はかなりスムーズに行っているものの、運転者 A よりも 4%強加速時に多く仕事をしたため、その部分で当然燃料消費が増加したといえる。加速時により多く仕事をしたにもかかわらず、定常走行に移行する際にエンジンブレーキがかかり、それを生かしていないといえる。一方、運転者 D は、仕事量が最小である。これは加速中の急激なアクセル変動による総合効率の悪化によるもので、運転操作による燃費悪化要因として、アクセル操作の大きな変動と、到達速度に

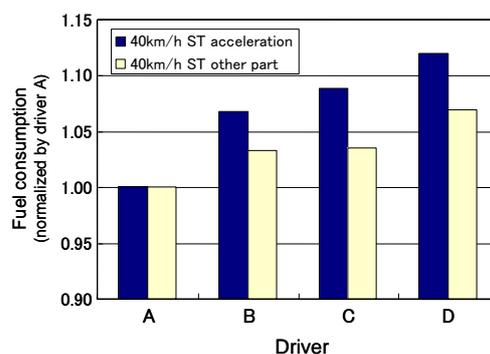


Figure 21, Fuel consumption normalized by driver A for each driver at acceleration phase of 2nd 10 mode of 10 – 15 test cycle

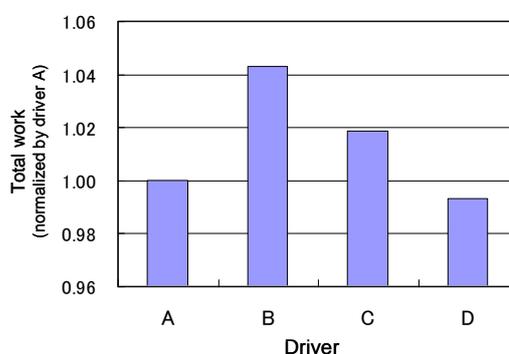


Figure 22, Total work normalized by driver A for each driver at acceleration phase of 2nd 10 mode of 10 – 15 test cycle.

要する以上の仕事をしてそれが全体に生かし切れないことによる、2つの要素があることがわかった。

以上より、運転操作により燃費が変わりうることを示した。図 19 の JC08 モードにおいて、10-15 モードに比べ燃費の差の小さいことは、速度パターンの基本形が異なることが要因といえるが、そこには運転者 D のほうが燃費がよい、いわば「逆転現象」が起きた領域も存在するためである。

図 23 に、JC08 モード第 1ST 最初の加速部分における、車速、吸気負圧、瞬時燃料消費量を示す。この部分の走行では、41 秒付近のいわば、「こぶ」状の瞬時的な急加速が燃費に影響する。運転者 A では、この部分をモードにより正確に追従するため、他のドライバーよりもアクセルを踏み込んで加速し、その結果他よりも多くの燃料をこの部分で消費している。それに対し、運転者 D では、運転が瞬時的な加速に対応できず、アクセルの踏み込みは遅れ、車速も許容範囲内

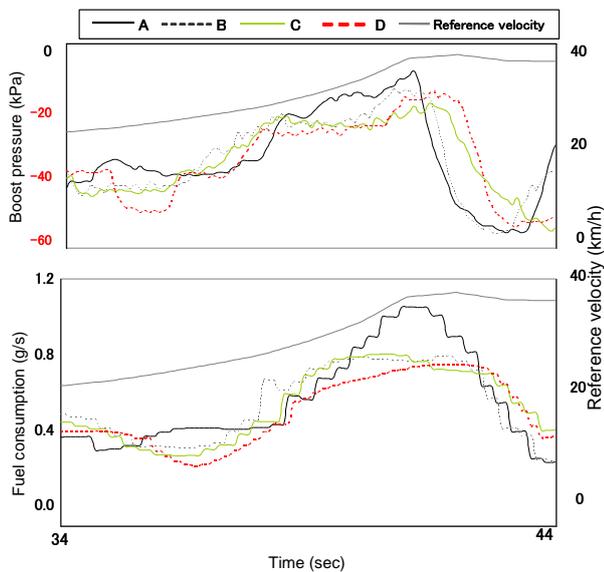


Figure 23, Vehicle reference velocity, intake boost pressure, and real time fuel consumption for each driver at acceleration phase of JC08 test cycle's 1st ST (ST: short trip)

をかりうじて維持する運転となった結果、その部分の燃費は最小になっている。こうした結果から、JC08モードでは、燃費差が小さくなった一方で、加速度の瞬時的な変化を小さくすることを、各ドライバーがあらかじめ企図すれば、さらなる低燃費運転を行える可能性があることを示唆している。

## (2) JC08 エコ運転による燃費改善効果とその要因解析

都市内交通流に乗った範囲でできる低燃費運転の可能性について、JC08モードの許容誤差内で加減速等をドライバーの判断で最適化して燃費改善したときの効果について試験を行った。その解析に先立ち、意識的に目標車速から外れるような運転をした場合の同等性について検証を行う。走行距離が変化すると燃費に大きな影響をもつ平均車速も変化するため、それらに無視できない差が生じた場合には、別途考察が必要となる。表5は、JC08モードおよびJC08エコにおける各ドライバーの実走行距離、およびその平均と標準偏差を示している。この結果をt検定したところ、n数が少ない点はあるが、有意水準95%で両者に差はないことが判明し、対等な形で燃費を比較することが概ね妥当であるといえた。

図24に、各ドライバーにおけるJC08モードとJC08エコでの燃費を示す。「エコ」運転時の燃費向上

Table 5, Comparison of driving distance, average, and standard deviation for JC08 and JC08 eco driving tests by each test driver

Driver	A	B	C	D	Average	Standard deviation
JC08	8.176	8.182	8.118	8.115	8.148	0.031
JC08eco	8.113	8.164	8.140	8.138	8.139	0.018

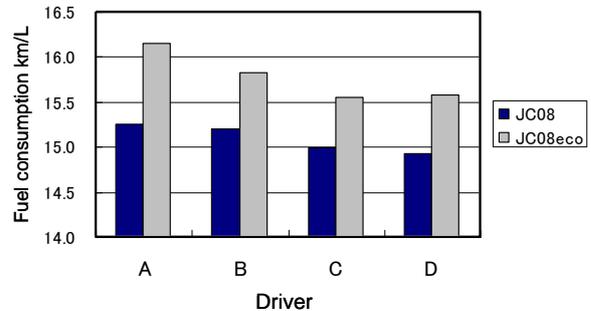


Figure 24, Fuel consumption for each driver at JC08 and JC08 'eco' test cycle.

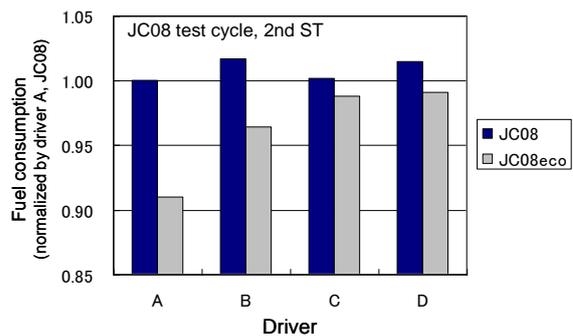


Figure 25, Fuel consumption of normalized by driver A for each driver at JC08 and JC08 'eco' test cycle's 2nd ST

幅はかなり大きく、運転者Aでは約6%、1km/L近い改善がみられた。ただし、同レベルの改善効果を他のドライバーは確保できず、0.5~0.7km/L程度に止まり、結果的にドライバーにより10-15モードと同程度の差が生じた。この結果から、JC08モードでは燃費差が縮まる結果が出ているが、JC08エコ運転では再び差が拡大したことを示している。要因としては、モード通り追従する必要がなくなり、ドライバーAのほうが燃費が悪化する状況がなくなったためといえる。それよりもここで注目すべきは、大幅な燃費改善が可能となった要因についてである。その解析には、運転者Aで、JC08モードからJC08エコとすることで燃費低減量、割合ともに最大になった、第2STで

比較を行うこととする。

図 25 は、JC08 モードおよび JC08 エコでの第 2ST における燃料消費量を、運転者 A の JC08 モードでの燃費を基準にした割合で示したものである。JC08 モードにおいても、運転者 A が最小燃費を記録しているが、他のドライバーとの差は最大 2%程度で、大きな差とはいえない。それに対して JC08 エコでは、そこから 9%低減し、エコ運転でも大きな改善のみられなかった運転者 C、D とは約 8%もの差が生じている。

図 26 に、JC08 モードと JC08 エコの第 2ST における車速、吸気負圧、瞬時燃料消費量を示す。通常の JC08 モードでは、運転者 A は、細かい加速度変化をトレースするために、他のドライバーよりもむしろ大きなアクセル操作をしている。とはいえ、他より燃費が悪化しているわけではない。ここでの変動は、吸気負圧で-30kPa 程度までの変動であり、これまで燃費悪化につながるとした、アクセルを全閉付近まで戻すような変動ではないためといえる。そうした変動が JC08 エコではなくなっていることから変動を減らすことが燃費改善につながるとみられるが、小幅な変動は必ずしも大きな悪化に寄与しないといえる。

大きな差が生じているのは、JC08 エコにおいて 125 秒および 145 秒付近の 60km/h 程度の速度で加速をしている部分の燃料消費が、運転者 A で他より著しく減少していることである。瞬時燃費極大値が運転者 C、D よりも約 40%も小さい。しかしながら車速は許容誤差の範囲であり、わずかに 140 秒付近の速度の極小値が高く、その後の加速が緩やかに見える程度で有意といえるほどの差にはなっていない。したがって、この 140~150 秒間の走行距離の変化は 2m に止まり、速度からみた一般的な車間距離よりも十分に小さく、現実の交通流の中でも、十分に実現可能なレベルの違いといえる。しかしこのような、ある程度高速走行における微妙な加速度の違いは大きな燃費差となって現れ、これが改善に向けたポイントになることがわかった。もう一点の無視できない違いは、そうした加速の後の緩やかな減速時の燃費である。その差が生じる要因は 10-15 モードでも論じた、加速から定常走行に移る際のアクセル操作といえる。運転者 B~D は、125 秒付近までの加速の後、一度アクセル全閉にした後再び踏み込んでいるのに対し、運転者 A のみ、負圧がほぼ単調に減少し、135 秒付近の全員がエンジンプレーキで減速を行うところまでエンジンプレー

キを使用していない。150 秒前後の加速から緩い減速に移る部分でも同様である。ここでも、加速度抑制のためにエンジンプレーキを使用するかアクセル操作のみで対応するかで差が生じている。加速度変化への対応を必ずしもスムーズに行えないドライバーは、一瞬エンジンプレーキをかけることで安定化させることとなった。通常の定常走行あるいはそれに近いわずかな減速時に、フットブレーキを使うことは燃費のロスになることは容易に理解できる。フットブレーキは使っていないとしても、仕事や慣性の損失という意味では同様の影響を受け、燃費の向上効果が頭打ちになったといえる。

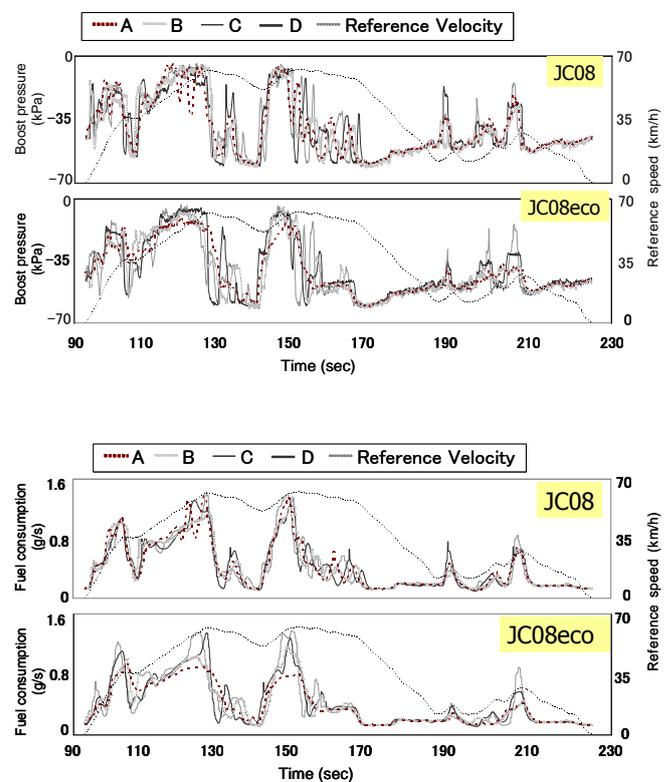


Figure 26, Vehicle velocity, intake boost pressure, and real time fuel consumption for each driver at JC08 and JC08 'eco' test cycle's 2nd ST

### 3. 6. 4. ハイブリッド車におけるエコドライブ (1) 仕事量に対する燃費

図 27 および 28 は、JC08H モードにおける、表 2 の車両 B と車両 H1 における仕事量と燃費の関係を示したものである。車速パターンの違いやエンジン使用領域の違いなど、多くの要素が燃費に影響を及ぼすことから、単純に燃費が仕事量のみで増減するとは限らないが、一つの大きなファクターであることは間違い

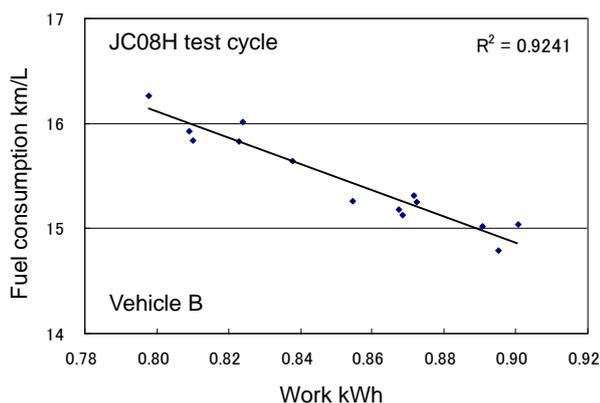


Figure 27, Relationship between total work and fuel consumption at a conventional vehicle

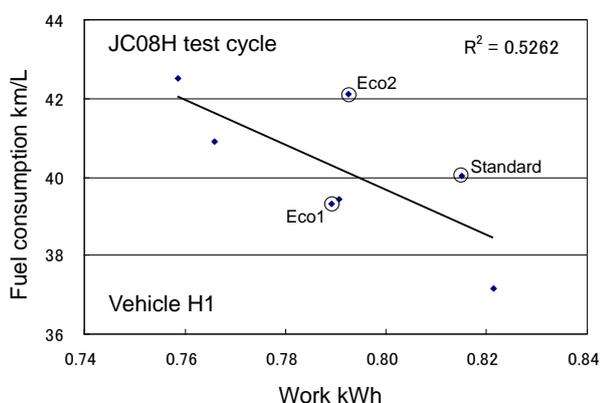


Figure 28, Relationship between total work and fuel consumption at an electric hybrid vehicle

なく、それに着目したエコドライブの解析例<sup>(11)</sup>がある。図 27 をみると車両 B においては、仕事量と燃費の間に高い相関があることがわかる。JC08H モードという基本的な車速パターンが同じであるため、平均車速はほぼ同一（最大でも 0.1%、約 0.3km/h の違い）であり、仕事量の違いが着実に燃費に影響を与えたといえる。本データには前項のドライバー違いによる燃費データを含んでおり、多少みられるばらつきについては、運転者の熟練度により、一部でエンジンプレーキによるロス等があることが主な原因である。それに対し、車両 H1 においては、データ数が多いとはいえない面はあるものの、仕事量が中位のデータでも最高燃費に匹敵するケースがあるなど、仕事量と燃費の間の相関は大きく低下する。これはハイブリッド車の燃費には、仕事量以外の要素が大きく作用することを示唆する結果といえる。したがって、ハイブリッド車において省燃費運転を行うには、その特性を考慮した解析が必要である。なお、車両 H1 の JC08 モード

燃費値は 32.6km/L であり、今回の試験結果はそれよりも大幅によい値となっているが、これは本試験がホットスタートのみを行っているのに対し、JC08 モード燃費ではコールドスタートサイクルのものも掛け合わせたものとなっているため、本試験結果は当該車両の 10-15 モード燃費値 38.0km/L に近い値となったとみられる。

## (2) 燃費差を生む要素の解析

より詳細な解析を行うため、図 28 のうち、仕事量と燃費の異なる 3 つのデータに着目することとした。標準的な運転を行った結果を標準運転として、概ね同等の仕事量ながら燃費が大きく異なる 2 点をエコ 1、エコ 2 として解析を行う。「エコ」とした 2 つのデータは、同一のドライバーがある程度仕事量抑制を意識した運転を行った結果、ほぼ同一の仕事量となっている。しかしながらエコ 2 ではハイブリッド車の特性を考慮した運転を行い、その結果燃費差は約 7% に及んでいる。また、標準運転は、異なるドライバーが基準車速を遵守した運転を行ったものであり、仕事は多いながら、燃費ではエコ 1 をわずかながら上回っている。

3 つのテストの値からは、仕事量のみで燃費が表現できないことが示されているが、ハイブリッド車におけるエネルギー回生を考慮して、減速時におけるダイナモ駆動力を元にした回生エネルギーを差し引いた仕事量を計算した。それを仕事量、燃費とともに標準運転を基準とした割合で比較したのが、図 29 である。ここでの割合は、仕事量の少ない場合ほど大きな値とし、燃費に有利になるものとしている。図の結果から、エコ 1 では、標準運転よりも仕事量を減らしたもの

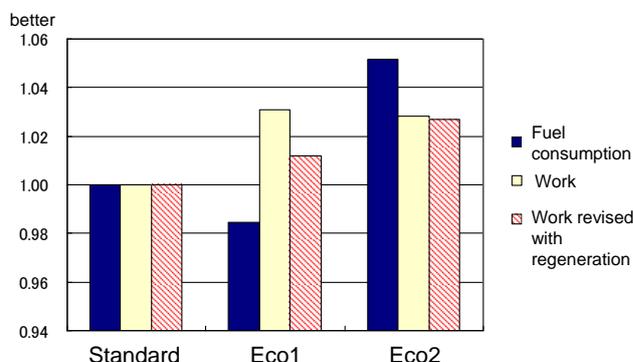


Figure 29, Comparison with Fuel Consumption, work and work with brake regeneration at each driving conditions

の、回生量も減少したため、回生量を考慮した正味の仕事量を 2%ほどロスした結果となった。エコ 1 では既存車におけるエコドライブを意識し、減速時にアクセルを素早く離し、可能な範囲で燃料カットが行われるブレーキを踏まない状態の走行を実施し、その後フットブレーキを踏む減速を行った。それに対し、エコ 2 においては、高速時からなるべくフットブレーキを踏むような減速時のブレーキのかけ方を行った。その結果、エコ 2 では仕事量を減らしつつも、同等のエネルギー回生量を得ることができたと考えられる。しかしながら、この違いはエコ 1 と 2 の燃費差 7%のうちの 2%程度を埋めるに止まり、単純に減速時のエネルギー回生量のみを考慮しても十分とはいえない。そこで、他の要素に着目した解析を行った。

図 30 は、図 28 における 3 条件の JC08H モード中のエンジン始動回数を比較したものである。この結果から、運転状態によりエンジン始動回数が大きく異なることがわかる。そこで、エンジン始動に要するエネルギーを考慮することとした。エンジン始動にどれほどの仕事を必要とするか、について調査するため、車両 B を用いて、通常の JC08H モードに加えて、アイドルストップを行った JC08H モードを実施した。そしてアイドルストップ試験でエンジンが停止していた時間の通常試験における燃料消費量と、アイドルストップ試験による燃料消費低減量の差分をエンジン始動に使用した燃料量と判断した。その結果、エンジン始動 1 回あたり燃料 0.6g 消費することがわかった。これは車両 B のアイドル約 5 秒間の燃料消費に相当する。車両 B におけるエンジン始動は、オルタネータから鉛バッテリーに充電された電気を用いてオルタネータにより駆動されることによる。一方の車両 H1 では、より高電圧で高効率の電動発電機およびニッケル水素電池により、充電と駆動が行われることから、より少ないエネルギー消費で始動が行える可能性がある。一方で、表 2 より車両 H1 は車両 B よりも排気量が大きく、圧縮比が高い（ただし、アトキンソンサイクルにより有効圧縮比はそれより低いとみられる）などのことから、始動に多くのエネルギーを必要とする要素もあり、本考察においては、車両 B におけるエンジン始動に必要な燃料消費量と同じだけハイブリッド車におけるエンジン始動でも燃料が消費されると仮定する。

図 31 は、3 条件においてエンジン始動回数を 24 回

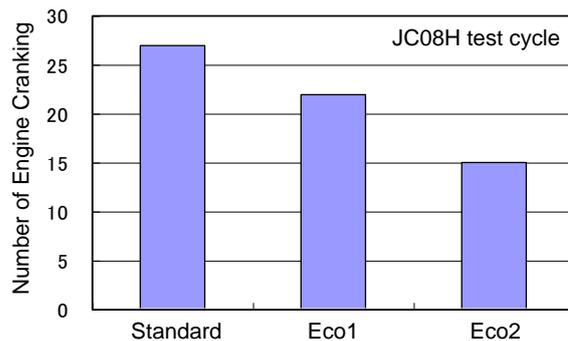


Figure 30, Engine cranking times at each driving condition

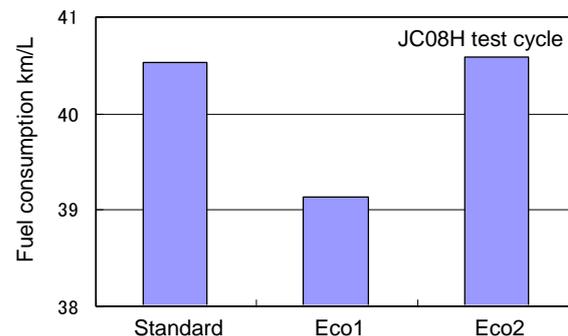


Figure 31, Fuel Consumption revised as averaged engine cranking times

一定になるように燃料消費量を補正した燃費値を比較したものである。24 回という数値は、図 28 中の全試験におけるエンジン始動回数の平均値を小数点以下で四捨五入した値である。この図をみると、エコ 2 と標準運転における補正燃費値がほぼ同水準となり、エンジン始動回数の減少が、5%の燃費差をほぼ相殺する結果となっている。これはエンジン始動回数の違いが燃費に大きな影響を及ぼすことを示す一方で、仕事量の差の影響もなくなっており、車両 B の値を用いた仮定がやや始動エネルギー消費を過多に見積もっている可能性もある。一方、エコ 1 では標準運転よりもエンジン始動回数が少なく、補正した燃費はさらに悪化し、標準運転との差が拡大した。したがって、他の要素の影響も考慮することが必要である。

車両 H1 においては、エンジン始動回数の違いに加えて、エンジン作動時間についても違いがみられた。そこで、エンジンが作動している状態での熱効率の違いに着目することとした。既存車であれば、走行仕事はすべてエンジンによってなされたものということができる。しかしハイブリッド車では、電動機で走行

する状態が存在するほか、エンジンを車両の駆動に加えて発電に使用することもありうることから、今回の試験において詳細なエンジン仕事を求めることはできていない。ここでは、試験中にエンジンが作動している状態で外部にした仕事量と燃料消費量から、エンジン燃料消費率を求めることとした。

図 32 はエンジン単体の燃料消費率を考察するための指標として、3 条件における試験サイクルを通したエンジン作動期間における、ダイナモ吸収仕事量あたりの燃料消費量を比較したものである。この結果は直接エンジントルクを測定したものであることから、この値がそのままエンジン単体の燃料消費率とはいえないものの、本図が示す水準は通常のガソリンエンジンの最高（仕事あたりの燃料消費が小さい）燃料消費率に匹敵するものであり、本ハイブリッド車がエネルギー回生を行うだけでなく、電動機と組み合わせることで、エンジンを常に最高効率に近い状態で使用していることを示唆している。3 条件での燃料消費率を比較すると、エコ 1 のみが他の 2 条件よりも約 7%悪い値となっている。これは、エコ 1 と 2 では仕事量はほぼ同等ながらエンジン作動時間はモード全体で約 30 秒もの差があり、エコ 1 ではエンジンが最小限の仕事しかしない状態での運転が、他よりも多く行われたと推測される。加藤ら<sup>(11)</sup>はエコドライブを行った場合、仕事量の削減が燃費改善を生むものの、その際のエンジン熱効率はむしろ低下するとしているが、それに近い状態にあったと考えられる。このことが、エコ 1 で仕事量とエンジン始動回数が標準運転よりも少ないながら、燃費が劣る結果につながったといえる。

### (3) 省燃費運転における各因子の効果のまとめ

図 33、図 34 は、エコ 1、エコ 2 の各運転で、標準的な運転に対して、各要素が燃費にどれだけ影響したかをまとめたものである。エコ 1 では、加減速の抑制により約 3%の仕事量を減らしたものの、ブレーキのかけ方による回生ロスがあり、エンジン始動回数がやや少なくて改善につなげたが、エンジン作動時の効率が低く、標準運転よりやや劣る燃費になったといえる。しかしエンジン熱効率の違いは、実際の燃費結果の差を大きく上回るものとなっている。これは、エンジン仕事の一部が充電に使われた可能性を示唆するものといえ、定量的な解析には十分といえないが、燃

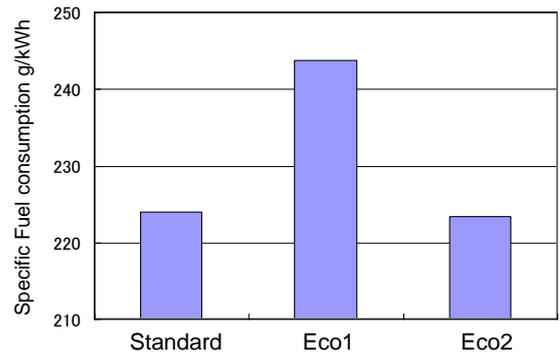


Figure 32, Specific Fuel consumption during engine driving calculated from fuel consumption mass by dynamometer absorption work

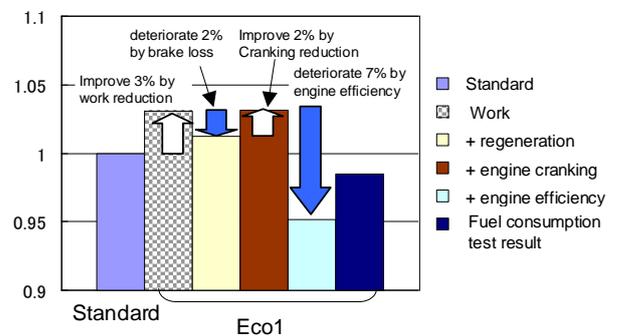


Figure 33, Influence of each parameter on Fuel consumption at Eco1 driving in JC08H test cycle

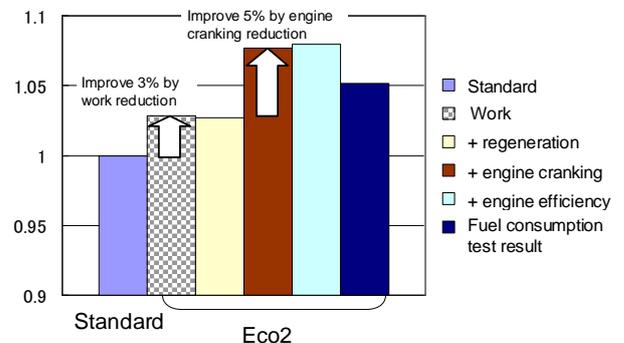


Figure 34, Influence of each parameter on Fuel consumption at Eco2 driving in JC08H test cycle

費差を生む原因であることは示されたと考える。ただし、これについてはドライバーが意識して改善することが困難な要素である。一方、エコ 2 においては、仕事量はエコ 1 と同等ながら、エンジン始動回数はさらに少なく、回生量およびエンジン作動時の燃費効率で標準的な運転と同等を維持できており、大幅な燃費改善につながった。

#### (4) 省燃費運転に必要な技法の解析

##### ①減速方法

エネルギー回生に差が生じたとみられる減速時の挙動を比較したものと、図 35 にエコ 1、エコ 2 における JC08H モード 315~340 秒の減速時における、車速およびダイナモ吸収仕事を示した。車速は両者ほぼ同等ながら、エコ 2 では 318 秒付近に大きな負のピークがあり、高速時に積極的にフットブレーキによる減速を行ったことがわかる。高速時には空気抵抗が大きくなることから走行抵抗全体が大きい。したがって、高速からの減速で車両の運動エネルギーをより多く回生するには、惰行して走行抵抗により減速する前に、その部分で積極的にフットブレーキを使用した減速を行って回生につなげることが有効といえる。本減速区間におけるエコ 2 のダイナモ駆動仕事量はエコ 1 よりも約 3.2%大きくなっており、同一速度からの減速であってもその方法の違いが回生エネルギー量を変化させることがわかる。ただし、本試験における減速は、JC08H モードに基づいたものであることから、いわゆる急ブレーキは存在しない。高速時において積極的なフットブレーキの活用が燃費向上につながるとしているが、回生能力を超えた減速は当然ながら燃費悪化につながると考えられる。3.3.3 節にて示した結果から、アクセルを踏み続けつつ加減速を抑制することが燃費向上につながるとしているが、ブレーキの挙動も燃費に影響を及ぼすハイブリッド車においては、ブレーキペダルについても、高速時から緩やかに踏み続けて速度を制御できることが燃費向上につながる。

##### ②エンジン始動回数の抑制

車両 H1 では、試験サイクル中の発進時は電気エネルギーのみが使用され、車速が上がり、要求仕事が増えるとエンジンが始動する。標準運転の JC08H モード中で、エンジンが始動するときそれぞれのダイナモ吸収仕事を示したのが図 36 である。車速の違いなどによる差があるとみられるが、多くの場合で 8~9kW 程度になるとエンジンが始動するといえる。また、これまでの解析から、エンジン始動回数の違いが燃費に無視できない影響を及ぼすことを前述している。

図 37 は、JC08H モード 570 秒から 670 秒の間におけるエコ 1 とエコ 2 のダイナモ吸収力とエンジン回転数を示したものである。ダイナモ吸収仕事量が 8kW 前後でエンジンが始動するが、エコ 2 ではその部分の

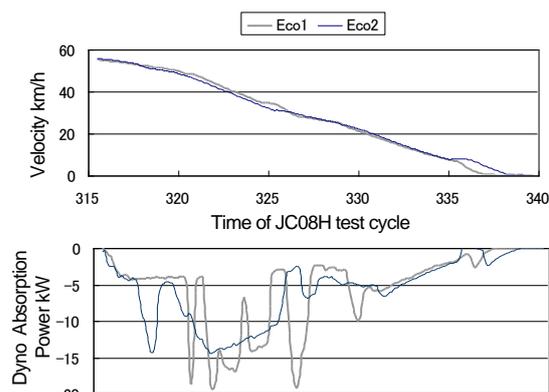


Figure 35, Vehicle velocity and dynamometer absorption power at Eco1 and Eco2 driving in a part of JC08 test cycle

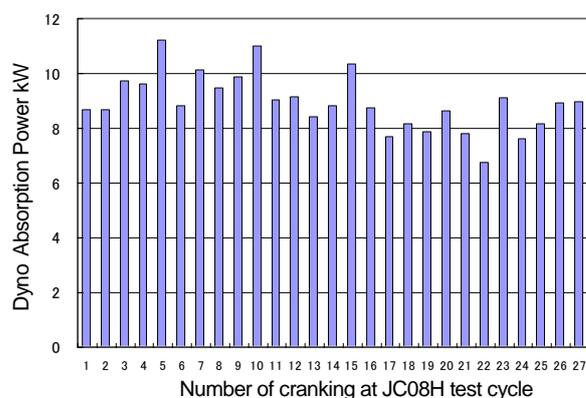


Figure 36, Dynamometer absorption power at engine cranking at JC08H test cycle by standard driving

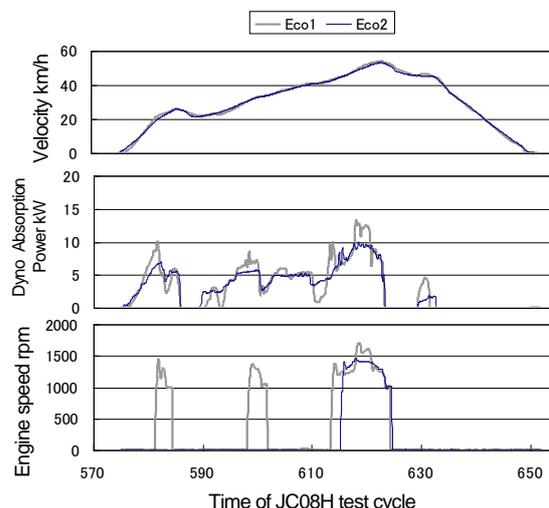


Figure 37, Vehicle velocity, dynamometer absorption power and engine speed at Eco1 and Eco2 driving in a part of JC08 test cycle

加減速を抑えることにより、このショートトリップにおけるエンジン始動回数を 3 回から 1 回に減らすことができています。20~30km/h 程度で行われる加減速で

は、操作の違いでエンジンの始動および停止の回数が大きく変化する結果となり、他の速度における加減速の違い以上に燃費に大きく影響を及ぼした。ただし、エンジン始動時の速度等は、本車両のハードウェアと制御方法に依存するものであり、他のハイブリッド車にもそのまま適用できる一般解といえない要素がある。したがって、ハイブリッド車においては、制御の基本的特性などに基づいた、当該車両に適したエコドライブ手法が示され、単にアクセル抑制にとどまらないエコドライブ支援が行われることが、CO<sub>2</sub>の削減につながるといえる。本論ではその可能性の一例を示したが、エコドライブの目的は実際に行われる運転での燃費、CO<sub>2</sub>の削減が目的である。したがって、今後市場における様々な走行条件等における有効性の検証等を行って、一般性を確保していくことが課題として挙げられる。

#### 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事に関して、原因や解消につながる試験評価方法、さらには実燃費を左右するエコドライブ手法とその差を生む理由等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、気温 20℃、乾燥路面となっている。走行抵抗は気温の上昇により減少するものの 20℃を超えるとエアコンの使用が増えることや、濡れた路面では走行抵抗が増加するなど、標準状態は結果的に燃費に有利な条件であるため、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) いわゆる「チョイ乗り」を表現するものとして JC08C モード、高速を代表するものとして米国ハイウェイモードを様々な車両で実施したところ、通常のガソリン車では JC08C モードでは JC08H モードから 1 割あまりの悪化、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、個々にみると差はあるものの車種間の差は比較的小さかった。
- (3) ハイブリッド車では、冷機状態での燃費が相対的に悪くいわゆる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。

- (4) 近年普及が進むエコタイヤでは、気温による転がり抵抗の変化が大きく、現行試験法で定められる温度補正では不十分であり、走行抵抗測定時の気温が高いほど、燃費が良くなる傾向を示す。
- (5) そこでチャンバー温度を変化させることのできるタイヤ試験機で、様々なタイヤの RRC とその温度変化率を測定したところ、両者は 2 次近似で高い相関を示した。この近似式を適用することで、個々のタイヤすべてで温度変化率を測定することなく、気温変化の妥当な補正が可能となる。
- (6) 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、車両や外気温度、車室内温度の設定によっては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。
- (7) 実燃費が公表燃費値よりも大幅に低いケースでは、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。
- (8) シャンダイナモ上で法定燃費評価モードを走行したところ、運転者の違いにより燃費に差がみられ、1.4L 乗用車を使用した試験では、熟練者と初心者で、10-15 モード燃費で 約 5%、JC08 モードでは 約 2.5%の違いがあった。
- (9) 燃費変化の原因は、初心者では合わせるべきアクセル位置が安定せず変動が大きいこと、変動の少ない中級者においては加速時に必要以上の仕事をすることによるものが大きかった。
- (10) JC08 モードと同等の走行として、許容誤差の範囲で自由に燃費最適化運転を行ったところ、いずれのドライバーも大幅に燃費が改善し、熟練者においては、約 5%、1km/L 近い向上がみられた。効果が大きかった要因として、加速から定常あるいは緩い減速に移行する際、今回の試験では熟練者のみがアクセル操作を最適化し、エンジンプレーキによる損失を回避し、さらなる燃費改善を達成していた。
- (11) 仕事量と燃費の相関が高かった従来乗用車と異なり、ハイブリッド車では両者の相関は大きく低下し、エコドライブについて従来車とは異なる視点が必要であることがわかった。

- (12) 仕事量の他に燃費差を生む要素として、減速時の挙動、エンジン始動回数、エンジン作動時の燃費率が主な影響因子であった。これらは JC08 (H) モードにおいて、各 2%以上の燃費影響を有しており、同等仕事量の走行においても燃費が約 7%変化する場合があった。
- (13) 減速時の回生効率を高めるためには、急ブレーキにならない範囲で高速時に積極的にフットブレーキを活用することが有効であった。
- (14) エンジン始動回数等については車両の制御方法に依存するため、ドライバーの裁量で改善できることは限られる。効果的な省燃費運転を可能にするためには、製造者が車両制御機構の基礎事項や当該車両に見合った省燃費運転を可能にする手法を明らかにすることが望まれる。

## 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、2006 および 2010 年度東京理科大学インターンシップ学生諸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。

## 6. 参考文献

- (1) 一般社団法人日本自動車タイヤ協会ホームページ、<http://www.jatma.or.jp/labeling/outline.html>
- (2) 一般社団法人日本自動車工業会 JAMAGAZINE #48、p6、[http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/jamagazine\\_pdf/201406.pdf](http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/jamagazine_pdf/201406.pdf)
- (3) 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
- (4) 省エネルギーセンターホームページ：[http://www.eccj.or.jp/recoo/eco10/eco10\\_index.html](http://www.eccj.or.jp/recoo/eco10/eco10_index.html)
- (5) 永富やよい、澤津直也、斎藤晃、植木繁、高田寛、「貨物運送事業者におけるエコドライブ支援装置の効果的活用手法」、自動車技術会 2007 年秋季大会学術講演会前刷集、No.127-07、p.33-36、JSAE 20075776
- (6) 間地寛、神谷仁巳、小林大、大聖泰弘、「企業のエコドライブ活動による CO<sub>2</sub>削減の効果」、自動車技術会 2008 年春季大会学術講演会前刷集、No.66-08、p.19-24、JSAE 20085245
- (7) 鈴木、野田、井上、及川、八木、「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
- (8) 井上、増山、野田、鈴木、「タイヤの温度特性が転がり抵抗に及ぼす影響について -実路試験および新方式タイヤ試験装置による実験解析-」、自動車技術会 2011 年春季学術講演会、JSAE20115241
- (9) 井上、及川、八木、野田、鈴木、「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 1 報)」、自動車技術会 2010 年春季学術講演会、JSAE20105239
- (10) 谷口正明、笠井純一、三分一寛、「発進時の省エネ運転意識と燃料消費量」、自動車技術会 2006 年春季学術講演会前刷集 No.26-06、p.5-8、JSAE 20065304
- (11) 加藤秀樹、小林伸治、近藤美則、松橋啓介、「エコドライブにおける燃費改善要因の解析」、自動車技術会 2007 年秋季大会学術講演会前刷集、No.127-07、p.27-32、JSAE 20075937