

研究論文

乗用車燃費改善技術の導入効果の一考察

Impact Assessment of Fuel-Efficient Technologies for Passenger Vehicle

紀伊雅敦*・亀岡敦志**・細井賢三**・湊清之*

Masanobu Kii

Atsushi Kameoka

Kenzo Hosoi

Kiyoyuki Minato

(原稿受付日2006年6月29日, 受理日2006年10月20日)

Abstract

Improving automobile fuel economy is one of the most promising approach for energy saving and CO₂ reduction in transport sector. Japanese government is currently building the next fuel economy target for passenger vehicles. Improving the fuel economy requires new fuel-efficient technologies increasing the vehicle cost, saving the fuel cost, and resulting the change of the total cost of vehicle use for consumers and the society. This study assesses the impact of the technology implementation on economical efficiency of vehicle use. As findings, we clarify 1) higher efficient technologies will bring higher consumer's profit, 2) improving the fuel efficiency of heavier category vehicles is more profitable to consumers, 3) social profit has maximal value, *i.e.* excessive improvement will decrease the profit, 4) consumer's profits differ in their annual travel distance; even low cost technology gives disadvantage for short distance users, on the other hand, expensive technology brings enough profit for long distance users.

1. はじめに

自動車の燃料消費率の改善は運輸部門の省エネルギー策、CO₂削減策の主要な柱である。1999年に施行された改正省エネ法に基づき、ガソリン乗用車では2010年を目標年とする新車燃費基準が定められており、現在、次期燃費基準の内容が検討されている¹⁾。目標とする燃費水準は基準年のトップランナー車両を基準として設定されているが、その導入効果は平均燃費の改善率を示すにとどまっている²⁾。

欧米では自動車のCO₂排出規制、燃費規制の検討において、規制に伴う費用構造変化が消費者や社会に及ぼす影響の評価が行われ³⁻⁵⁾、政策判断指標の一つとなっている。このような燃費基準が自動車利用の経済性に及ぼす影響を分析することは、我が国の基準検討においても重要である。

自動車の燃費改善には新たな技術導入が必要であり、車両価格を上昇させる一方、走行距離が一定ならば燃料消費量が節約される。燃費技術の費用特性をみると、一般的に目標改善率が高いほど限界費用は増加する。すなわち目標改善率が低い場合、燃費節約額が車両価格の増加額を上回り消費者に利益をもたらすが、目標が高すぎると車両価格が大幅に増加し消費者に不利益をもたらす可能性がある。

そこで、本研究ではガソリン乗用車を対象に、新たな燃

費基準が自動車利用の経済性に及ぼす効果の推計を試みる。まず、燃費技術の費用特性を把握するために、文献より要素技術の燃費改善率と費用を調査し、それらの可能な組み合わせのうち、費用対改善率の観点から最も効率的なものを最適パッケージとして抽出する。次に、これに基づき等価性重量 (IW) クラス別の燃費基準の目標シナリオを設定する。最後に設定したシナリオが経済性に及ぼす効果を分析する。そこでは、新基準の施行年を2015年と想定し、ほぼ全車が新基準車両となる2030年頃の効果を扱う。これにより、自動車の省エネルギー策の検討に資する方法論を提示することが本研究の目的である。

2. 燃費技術の改善率とコスト

ここでは文献調査より得られた要素技術の燃費改善率と費用を整理し、可能な組み合わせのうち費用対改善率の観点から最も効率的なものを最適パッケージとして抽出する。

調査対象技術は、現在の販売車両に一部でも導入済みのものとした。ただし、基準策定でハイブリッド車 (以下HEV)、マニュアル車 (以下MT車) はトップランナー車両から除かれているため、これらの技術は対象としない。技術カテゴリはエンジン、トランスミッション、補機としたが、同一カテゴリ内の要素技術は同時に利用できないものがあるため、可能な組み合わせを整理している。カテゴリごとのパッケージとL/kmベースの燃費改善率、費用を表1に示す。また、気筒休止 (DAC) は気筒数の少ない小型車では導入できず、CVT、アイドリングストップは普通車への導入に

*財日本自動車研究所 総合企画研究部

E-mail: mkii@jari.or.jp

**エネルギー・環境研究部

〒305-0822 茨城県つくば市荻間2530

表1 燃費改善技術の改善率と費用

エンジン技術	燃費改善率		技術費用(千円)	
	小型	普通	小型	普通
VVT	4.0%	4.0%	10.7	16.1
過給	8.0%	8.0%	76.7	57.5
DI	10.0%	10.0%	31.1	28.4
VVT, VVL	5.0%	5.0%	28.0	47.7
VVT, DAC	NA	8.0%	NA	29.3
VVT, VVL, DAC	NA	10.0%	NA	61.0
VVT, 過給, DAC	NA	20.0%	NA	86.8

VVT (可変バルブタイミング): Hofbauer⁶⁾VVL (可変バルブリフト): Wolters⁷⁾過給 (ターボチャージャー): Petitjean⁸⁾DAC (気筒休止): Wolters¹⁴⁾, Hofbauer⁶⁾DI (直噴リーンバーン): Lang⁹⁾

ドライブレイン技術

NC, SLU, ATF	5.5%	5.5%	16.1	16.1
NC, SLU	4.5%	4.5%	16.1	16.1
NC, ATF	2.6%	2.6%	6.9	6.9
NC	1.5%	1.5%	6.9	6.9
SLU, ATF	4.1%	4.1%	9.2	9.2
SLU	3.0%	3.0%	9.2	9.2
ATF	1.1%	1.1%	0	0
5AT, NC, SLU, ATF	6.5%	6.5%	27.6	33.4
5AT, NC, SLU	5.5%	5.5%	27.6	33.4
5AT, NC, ATF	3.7%	3.7%	18.4	24.2
5AT, NC	2.6%	2.6%	18.4	24.2
5AT, SLU, ATF	5.1%	5.1%	20.7	26.5
5AT, SLU	4.1%	4.1%	20.7	26.5
5AT, ATF	2.2%	2.2%	11.5	17.3
5AT	1.1%	1.1%	11.5	17.3
6AT, NC, SLU, ATF	8.1%	8.1%	22.8	26.2
6AT, NC, SLU	7.0%	7.0%	22.8	26.2
6AT, NC, ATF	5.2%	5.2%	13.6	17.0
6AT, NC	4.2%	4.2%	13.6	17.0
6AT, SLU, ATF	6.7%	6.7%	15.9	19.3
6AT, SLU	5.6%	5.6%	15.9	19.3
6AT, ATF	3.8%	3.8%	6.7	10.1
6AT	2.7%	2.7%	6.7	10.1
CVT, NC	13.3%	NA	71.6	NA
CVT	12.0%	NA	71.6	NA
DCT	20.0%	20.0%	64.4	64.4

NC (ニュートラル制御), SLU (ロックアップ制御): Jauch¹⁰⁾5AT, 6AT: Yamamoto¹¹⁾, Mozeer¹²⁾CVT (無段変速機): 日比¹³⁾, Mozeer¹²⁾DCT (Dual Clutch Transmission): Matthes¹⁴⁾ATF (低粘度潤滑油): Yamamori¹⁵⁾

補機技術

EPS	2.5%	2.5%	5.8	11.5
IS, EPS	10.3%	NA	48.5	NA
IS	8.0%	NA	42.7	NA

EPS (電動パワステ): 清水¹⁶⁾IS (アイドリングストップ): Kozlowski¹⁷⁾費用はNESCCAF¹⁸⁾, Ricardo¹⁹⁾に基づき設定
網掛けは最適パッケージの採用技術を示す

は技術的課題があるため除外し, 改善率, 費用をNAと表記している。

カテゴリ間の技術パッケージの組合せは全て可能であり, 組合せによる燃費改善率は次式で与えられる。

$$\alpha = 1 - \prod_i (1 - \alpha_i) \dots\dots\dots (1)$$

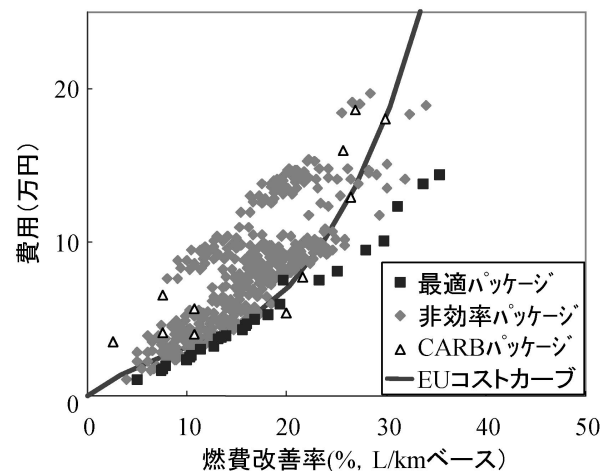
ただし, α_i はカテゴリ i の L/km ベースの燃費改善率を表す。また, 費用は採用技術費用の和で与えられる。なお, 表の費用は年間50万台以上に導入される場合を想定しており, 普及の初期段階ではより高額となりうる。

カテゴリ間の利用可能な技術の組合せ(以下パッケージ)は小型車で432通り, 普通車で350通り存在する。その中には, 他のパッケージと比較して燃費改善率が低く, かつ費用が高いものが存在するが, そのようなパッケージは採用されないであろう。そこで, 次式で与えられる集合の補集合を最適パッケージ集合と定義する。

$$\tilde{T} = \{j | c_j > c_i \text{ and } \alpha_j < \alpha_i \text{ for } \exists i\} \dots\dots\dots (2)$$

ただし, c_j はパッケージ j の費用を表す。各パッケージの燃費改善率と費用をプロットしたものを図1に示す。ここ

a) 小型車



b) 普通車

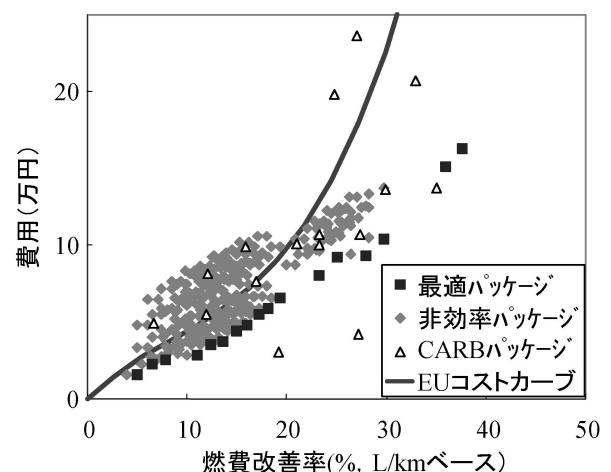


図1 パッケージの燃費改善率と費用

で、横軸はL/kmベースの燃費改善率、縦軸は費用を表す。参考としてCARB⁴⁾の技術パッケージおよびEUの費用曲線⁵⁾を付記する。図は右下ほど燃費改善率が高く費用が小さいことを意味し、最適パッケージは分布の右下の縁に位置する。この最適パッケージの採用技術を表1に網掛けで示す。

ここで最適パッケージの採用技術は必ずしも日本の現況を反映していないことに留意が必要である。例えば、最適パッケージは現在普及が進んでいるCVTを含まない。その理由として、調査文献での当該技術費用が日本より高く設定されていることなどが考えられる。このため、本分析結果は日本での費用効率的な技術の特定ではなく、あくまでも燃費改善に必要な費用の推計に用いるべきと考えられる。

図より燃費改善率が高いほど費用が高いが、EU費用曲線と比べると改善率が20%程度まで概ね一致し、それ以上では本研究の推計費用が低い。これは、欧州では燃費のよいMT車が普及しており、ドライブトレインの効率改善は高コストとなるためと考えられる。普通車もほぼ同様の傾向である。なお、CARBパッケージには最適パッケージより効率的なものが存在するが、これは本調査では対象外の自動マニュアルトランスミッションを含むためと考えられる。

3. 燃費基準の目標シナリオ設定

燃費基準達成を目指し、自動車メーカは前倒しで低燃費技術の導入を進めているが、新技術が幅広く普及するには、それが消費者の利益となることが条件と考えられる。低燃費技術の導入により消費者は燃費節約による利益を得るが、車両価格の増加が節約額を上回れば、消費者には不利益となるため、保有車両の使用期間延長など、技術普及が遅れる状況などが想定される。

我が国では、燃費基準値はトップランナー方式に基づき、主に技術的な導入可能性の観点から検討されるが、その経済性を検討することも重要である。本章では2章で整備した技術パッケージの改善率と費用情報に基づき経済的な燃費基準の目標シナリオの設定を試みる。

3.1 経済性に基づく目標シナリオの設定方法

現行の燃費基準は等価性重量（以下IW）クラスごとに設定されている。ここでは、全体の燃費改善目標を与えた場合に、消費者の利益が最大となるようなIW別の燃費基準の設定方法を検討する。

まず、消費者利益を燃費改善による燃料消費節約額と車両費用増加額の差と定義する^{注1)}。また、新基準が導入された場合、全車両がそれを満たすと仮定する。ここで、2003年の新車平均燃費は14.7km/Lであり、同年の登録台数で重み付けした2010年基準値を1.2%上回っている。そこで、新たな基準がない場合は将来全車両が2003年の新車平均燃費

になると想定し、新基準導入による全国の燃料消費節約額 ΔFC と車両費用増加額 ΔVC を次式で与える。

$$\Delta FC = \bar{L} \cdot \delta_N \cdot P_f \sum_{k,g} (e_{g,k}^{03} - e_{g,k}^*) \cdot q_{g,k} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta VC = (1+t) \sum_{g,k} c_{g,k}^* \cdot q_{g,k} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 g はIWクラス、 k は車種を表し、 $\bar{L}$ は平均年間走行距離、 P_f は燃料価格（燃料税込み）、 $e_{g,k}^{03}$ はL/kmベースの2003年の車種 k 、IWクラス g の新車平均燃費、 $e_{g,k}^*$ は設定する新燃費基準、 $q_{g,k}$ は自動車保有台数、 t は税率、 $c_{g,k}^*$ は新基準達成に必要な車両費用増加額を表す。 δ_N は N 年間の割引現在価値を導く係数であり、割引率を r として次式で与えられる。

$$\delta_N = \sum_{t=0}^{N-1} \frac{1}{(1+r)^t} = \frac{1 - 1/(1+r)^N}{1 - 1/(1+r)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで ΔFC は、全保有車両が新燃費基準を満たす場合と、2003年の新車平均燃費に固定される場合の N 年間の燃料費の差であり、新基準導入を2015年とすると、概ね全車両が新基準を満たす2030年頃の評価値となる。これは、既存車と新基準車が置き換わる過程を考慮していないが、車種IW別の保有車両が同じ割合で置き換わるならば、その過程を通じた新基準に対する累積燃費節約額も同様の傾向になると期待される。

次に、2章の燃費改善率と費用の関係より $e_{g,k}^*$ に対応する $c_{g,k}^*$ が求められるが、2003年には既に一部車種に対象技術が導入済みのため、その改善率と費用増加額を割り引く必要がある。導入済み技術の改善率を割り引いた燃費を $\tilde{e}_{g,k}$ とすると、燃費基準 $e_{g,k}^*$ を満たすには、次式を満たす技術パッケージ m を導入する必要がある。

$$e_{g,k}^* \leq \tilde{e}_{g,k} (1 - \alpha_{g,k,m}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ただし、 $\alpha_{g,k,m}$ はパッケージ m の燃費改善率を表す。ここで、燃費改善率に対する費用増加額は車種別に与えられているので、車種 k に m を導入したときの費用増加額を $c_{k,m}$ とすると、 $c_{g,k}^*$ は次式で与えられる。

$$c_{g,k}^* = c_{k,m} - \tilde{c}_{g,k} \quad \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 $\tilde{c}_{g,k}$ は2003年に導入済みの燃費改善技術による車両価格の増加額である。ここで、式(3)の $e_{g,k}^*$ を式(6)の右辺で置き換え、式(4)に式(7)を代入し、車種IW別に採用する技術パッケージの集合を M とすると、技術導入による消費者の利益は次のように表せる。

$$CP_M = \Delta FC_M - \Delta VC_M \quad \dots\dots\dots (8)$$

この M のもとで、平均燃費の改善率は次式で与えられる。ただし、 $\bar{e}^{03}$ は2003年の全車平均燃費である。

$$\bar{\alpha}_M = (\bar{e}^{03} - \bar{e}_M) / \bar{e}^{03} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\bar{e}_M = \sum_{g,k} \tilde{e}_{g,k} \cdot (1 - \alpha_m) \cdot q_{g,k} / \sum_{g,k} q_{g,k} \quad \dots\dots\dots (10)$$

ここで、全体の改善目標 $\bar{\alpha}^*$ を達成し、消費者利益を最大化する採用技術パッケージ集合 M^* は次の問題の解となる。

$$M^* = \operatorname{argmax}_M CP_M \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\text{s.t. } \bar{\alpha}_{M^*} = \bar{\alpha}^* \quad \dots\dots\dots (12)$$

この問題は技術パッケージが離散的に与えられていることから、制約付き組合せ最適化問題となる。ここで得られた M^* の改善率を式(6)の右辺に代入したものを車種IW別の燃費基準とし、これを同一IWクラスの車種別保有比率で加重平均したものをIW別の燃費基準として設定する。

3.2 目標改善率に対する消費者利益の推計

小型車・軽自動車と普通車のIWクラスはそれぞれ6つあり、2章で得られた最適パッケージ集合の要素数は小型車で26、普通車で17ある。このため、可能な技術パッケージ集合は $26^6 \times 17^6 = 7.5 \times 10^{15}$ 通り存在し、その改善率と消費者利益を網羅的に計算することは困難である。式(11)、(12)の問題の解法として組合せ最適化アルゴリズムの適用も考えられるが、ここでは簡単のため消費者利益が最も高くなるIWから順次改善率の高いパッケージを適用し、全体の改善率に対する消費者利益の変化を推計する。この結果を用いることで、目標改善率を満たし消費者利益を最大化するIW別燃費基準を求める。この推計手順を以下に示す^{注2)}。

- 1) 最適パッケージ集合 T^* の要素 m_i を改善率の低いものから並べる ($T^* = \{m_i\}$, $\alpha m_i < \alpha m_{i+1}$)
- 2) 初期値として、全てのIWクラスに最も改善率の低いパッケージ m_i を適用する ($M^0 = \{m_i\}$)
- 3) 採用パッケージ集合 M^t のIWクラス g の要素(m_i)のみ一つ改善率の高いパッケージ(m_{i+1})と置き換えたものを M_g とし、全ての M_g のなかで消費者利益が最大となるものを M^{t+1} とする ($M^{t+1} = \operatorname{argmax}_{M_g} CP_{M_g}$)
- 4) $t = t + 1$ とし、 M^t の全ての要素が最大の改善率を与えるパッケージとなるまで3)を繰り返す

ここで、車種IW別の保有台数、平均燃費、技術導入率は初度登録年別自動車保有車両数²⁰⁾、自動車燃費一覧²¹⁾、自動車諸元表²²⁾より推計した。また、年平均走行距離は陸運統計要覧²³⁾より9,800kmとし、ガソリン価格は120円/L、保有期間 N は10年と設定した。また割引率はUSDOT資料³⁾より7%、税率は自動車取得税と消費税を合わせ10%とし、グリーン税制などによる税の割引は考慮していない。なお、実走行燃費と理論燃費の比を0.656としている²⁴⁾。

この条件の下、上記の手順を適用し、L/kmベースでの2003年新車平均燃費からの改善率に対する消費者利益の10年間の割引現在価値を求めた(図2)。ただし、前節で示したように2003年時点で導入済みの燃費改善率を割り引いているため、燃費改善率が負となる場合が存在する。

これより、改善率に対し限界利益は逓減する傾向が見られるが、消費者利益は常に正であり、かつ一貫して増加している。すなわち、2章で設定した技術特性の下では、燃費改善率が高いほど消費者に高い利益をもたらすといえる。

3.3 IW別燃費基準の設定

前節の分析では平均燃費改善目標を達成する際に消費者利益を最も高くするIW別の燃費改善率を求めたが、車種別に導入可能な技術とそのコスト、および現時点でのIW別技術導入率は異なっており、平均改善率に対するIW別の改善率は一律ではない。そこで、2003年からの平均燃費改善率が10%、20%、30%の場合のIW別燃費の推計結果を、2010年基準値および2003年の平均燃費とトップランナー燃費と共に図3に示す。

この図では2010年燃費基準と2003年の平均燃費はほぼ同程度の値だが、目標が10%の場合はIW1,500~2,000kgのクラスを改善することが消費者利益の観点からは効率的であり、20%ではIW2,250kg以上の重量車とIW750kgクラスの改善が効率的となる。30%ではいずれのIWクラスでも燃費改善が要求される。

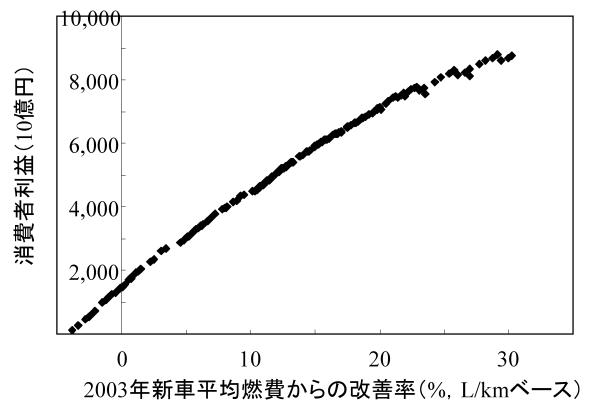


図2 技術導入による燃費改善率と消費者利益

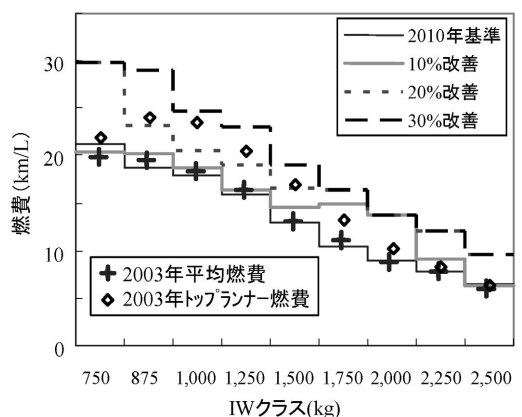


図3 IWクラス別の燃費基準の設定値

2003年の平均燃費とトップランナー燃費を比較すると、IW750kgを除く軽量車では差が大きく、重量車では差が小さいため、トップランナー方式では軽量車の燃費改善率が相対的に高く設定されることが考えられる。一方、消費者利益の観点からは、技術導入による燃費節約効果の高い重量車で積極的に低燃費技術を導入することが効率的と考えられる。

4. 燃費目標シナリオの効果分析

前章では燃費改善率が高いほど消費者利益も高まる結果が得られたが、社会的には燃費節約額のうち、税の節約分は所得移転であることから効果を控除する必要がある²⁵⁾。

また、燃費改善はCO₂排出を削減するため社会に利益をもたらす。燃費改善は他にも自動車の保有や走行距離など様々な変化をもたらすが、ここでは節税額の控除とCO₂削減の利益に着目し、社会的利益への効果分析を試みる。

また、前章の分析では平均走行距離を用い消費者利益を導いたが、燃費節約効果は走行距離で大きく異なるため、それによる消費者利益の違いを考慮することも重要である。

そこで、本章では前章で設定した燃費目標シナリオについて、節税効果の割引とCO₂削減効果を考慮した社会的利益の推計と走行距離別の消費者利益の分析を行う。

4.1 社会的利益の推計

前章で推計した消費者利益に含まれる税は燃料税と自動車取得税、消費税である。税は社会全体で見るとコストではないため²⁵⁾、燃費基準Mのもとで、これらの税を控除し、CO₂削減価値(CO₂P_M)を加えたものを社会的利益(SP_M)として次式で定義する。

$$SP_M = \Delta DFC_M - \Delta DVC_M + CO_2P_M \quad \cdots \cdots (13)$$

$$\Delta DFC_M = \bar{L} \cdot \delta_N \cdot (P_f - t_f) \sum_g (e_g^{03} - e_{Mg}^*) \cdot q_g \quad \cdots \cdots (14)$$

$$\Delta DVC_M = \sum_g c_{Mg}^* \cdot q_g \quad \cdots \cdots (15)$$

$$CO_2P_M = \bar{L} \cdot \delta_N \cdot P_{CO_2} \cdot \sum_g (e_g^{03} - e_{Mg}^*) \cdot q_g \quad \cdots \cdots (16)$$

ここで、 ΔDFC_M 、 ΔDVC_M は税抜きの燃料節約額と車両費用増加額を表し、 t_f は燃料税、 e_{Mg}^* 、 c_{Mg}^* は基準Mの下でのIWクラスgの燃費と車両費用増加額を表す。また、 p_{CO_2} はガソリン1LあたりのCO₂削減価値を表す。IW別燃費は前章で設定したIW別車種別燃費の車種別台数による重み付き平均で与え、 t_f は61.7円/L、 p_{CO_2} は1.7円/L、10.3円/L、21.6円/Lの3通りを設定した^{注3)}。他の変数は3章の設定値を用いている。

図4は燃費改善率に対する10年間の社会的利益の割引現在価値の変化を示す。消費者利益の場合と異なり、社会的には燃費改善率が20%で利益が最大となり、それ以上では

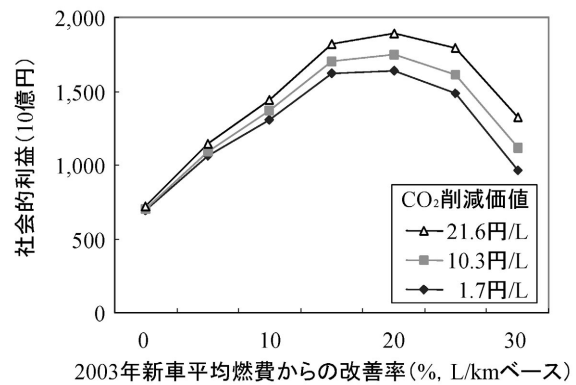


図4 平均燃費改善率に対する社会的利益

利益は低下している。これは、消費者利益の推計における燃費節約額の約半額が税収減として控除され、高い改善率では車両費用の増加がより大きく影響するためである。

また、ここではCO₂の削減価値によらず燃費改善率が20%の場合に社会的利益が最大となっているが、削減価値が高いほど、社会的利益が高まる傾向が見られる。

4.2 走行距離別の消費者利益

3章の分析では、平均走行距離を用い燃費改善率に対する消費者利益を推計したが、消費者が得られる利益は年間走行距離に大きく依存する。ここでは、燃費改善率に対する車両費用増加額が車種ごとに与えられているため、車種別に年間走行距離に対する一台あたりの消費者利益を推計する。

まず、式(3)、(4)、(8)と同様の設定に基づき、一台あたりの消費者利益を年間走行距離Lの関数とし次式で定義する。

$$CP_k(L) = \delta \cdot P_f \cdot \alpha \cdot e_k^{03} \cdot L - (1 + t) \cdot c_{k,\alpha} \quad \cdots \cdots (17)$$

ここで、 e_k^{03} は2003年の車種kの燃費を表し、 $c_{k,\alpha}$ は燃費改善率が α の時の車両価格増加額である。この式より、消費者利益は年間走行距離に関して線形関数であり、割引率、ガソリン価格、自動車税率を固定とすれば、切片は車両費用増加額、傾きは燃費改善率に依存する。

燃費改善率が10%、20%、30%の場合について、走行距離に対する消費者利益を車種別に推計した結果を図5に示す。これより、普通車と比較して、小型車は損益が分岐する走行距離が長く、燃費改善率が30%の場合、5千kmを超えないと利益が正とならない。また、小型車で走行距離が5千～8千kmの場合、燃費改善率が20%の場合が最も利益が高くなる。普通車では4千kmを超えるといずれの改善率でも消費者利益は正となり、5千km以上では燃費改善率が30%の場合の利益が最も高くなる。

このように、燃費改善により消費者が得る利益は、走行距離が長いほど高くなるが、最も消費者利益を高める燃費改善率は距離帯、車種で異なる。このため、新たな燃費基準が消費者に与える影響は一様ではなく、特に走行距離の

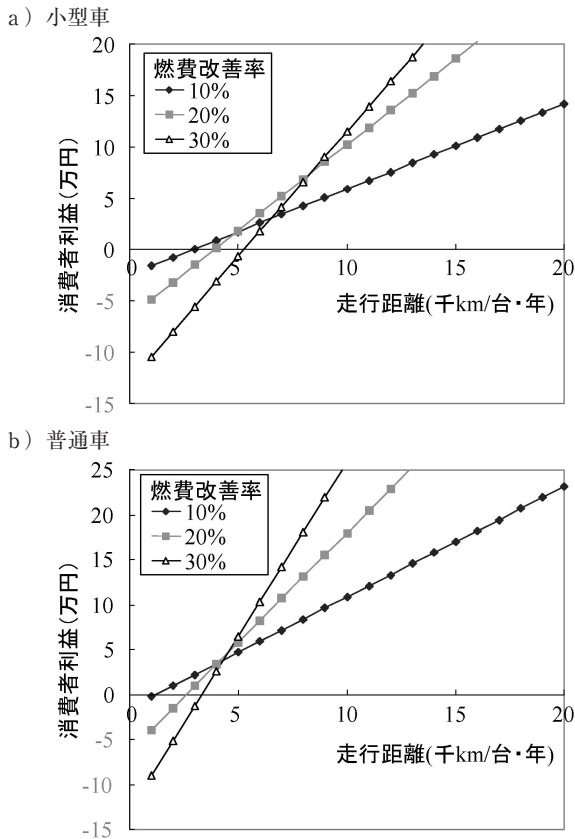


図5 走行距離に対する燃費改善率別消費者利益

短い消費者は不利益を受けることに留意が必要である。

以上鑑みると、長距離ユーザは燃費改善率の高い技術導入により利益を得られるが、短距離ユーザは車両価格の増加により不利益を被る。このため、燃費基準が導入されても、小型車の短距離ユーザを中心に低価格な車両のニーズが存在すると考えられる。一方、普通車では走行距離が5千km程度あれば燃費改善技術導入により十分利益を得られるため、積極的な技術導入が効率的と推計される。

本研究では新たな燃費基準を全車両が満たすことを仮定したが、消費者ニーズを考慮するには走行距離分布に基づく技術導入率の設定と基準の検討が必要である。

5. まとめ

本研究ではガソリン乗用車を対象に、燃費技術の改善率と費用を調査し、それに基づき技術導入が自動車利用の経済性に及ぼす効果を推計した。その結果、1) 燃費改善率が高いほど消費者利益が高いこと、2) 重量車の燃費改善率を高めることが消費者利益の観点からは効率的なこと、3) 社会的には改善率の高すぎる技術導入は利益を低下させ、利益を最大化する改善率が存在し得ること、4) 消費者の利益は走行距離で異なり、一律の技術導入により短距離ユーザの利益は負となりうること、5) 長距離ユーザは技術導入により十分利益を得られること、を推計した。これより、自動車の燃費改善技術は省エネ、CO₂削減を通じて

社会に利益をもたらし得ること、またIW別には重量車における積極的な燃費技術導入が効率的なことが示唆される。

ただし、本研究の分析結果は主に欧米の文献より得られた技術特性に基づいており、要素費用は普及段階のものを想定している。特に、パッケージ費用は他の調査と比較して低めの設定値となっていることに留意が必要である。新技術の導入過程を含めた我が国の状況を反映するには対応する改善率、費用、および量産化に伴う費用の習熟曲線などの適切な情報が必要である。また、燃費改善に対する消費者利益は走行距離に依存するため、より詳細な評価のためには走行距離分布を考慮した分析が必要である。これらは今後の課題とする。

(注)

注1) 施策の経済性の評価指標として社会的便益が広く用いられている²⁵⁾。ただし、社会的便益は消費者余剰に基づく概念であり、一般に価格に対する需要曲線の推計が必要である。本研究では車両台数、走行距離を固定的に与えており余剰に基づく便益の定義に課題があるため、消費者の総費用減少分を消費者利益、そこから自動車税、燃料税を控除しCO₂削減価値を加えたものを4章の社会的利益と定義している。なお、USDOT²⁶⁾では車両需要は固定的に与えているが、社会的便益を燃料節約額、原油輸入外部性減少、リバウンド効果による消費者便益と外部費用の増加、大気汚染の減少、給油時間節約便益の和と定義している。

注2) この方法は、与えられた M^* で消費者利益の勾配が最大となる M^{*+1} を順次求めるため、局所解が得られる可能性がある。すなわち、所定の平均燃費改善率を達成し、より高い消費者利益を与えるIW別の基準値が存在する可能性がある。ただし、燃費改善率に対する燃料節約額は線形に増加することから燃費改善率に対する消費者利益の変化率は単調に減少し、結局、大域的な最大値に到達すると期待される。ただし、厳密には燃費改善率と費用の関係は離散的に与えられており、かつ変化率は必ずしも単調ではないことから、組合せ最適化アルゴリズムによる確認を行うべきである。

注3) ガソリンのCO₂排出量は、発熱量と排出係数より2.32kg-CO₂/Lであるが²⁶⁾、原油の輸送、精製段階で0.32kg-CO₂/L排出する²⁷⁾。そのため、ここでは2.64kg-CO₂/Lと設定する。また、CO₂の削減価値として、ここでは取引価格と対策費用を検討した。取引価格として、2004年1月から2005年4月までのCERの平均価格(\$5.63/tCO₂ = 1.7円/L)²⁸⁾とEU ETSにおける2006年3月30日の終値(€27.33/tCO₂ = 10.3円/L)²⁹⁾を用いた(117円/\$, 142円/€と設定)。また、我が国の対策費用は3万円/tC (= 21.6円/L)と設定した²⁵⁾。

参考文献

- 1) 経済産業省；「ガソリン乗用自動車の燃費基準のあり方に関する検討会」の設置について、(2004)。
<http://www.meti.go.jp/press/0005848/index.html> (アクセス日2006.3.30)
- 2) 総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会重量車判断基準小委員会・重量車燃費基準検討会；最終取りまとめ、(2005)。
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/juuryoushanenpi/saishuu.pdf> (アクセス日2006.3.30)

- 3) Office of Regulatory Analysis And Evaluation ; Corporate Average Fuel Economy And CAFE Reform For My 2008-2011 Light Trucks, National Center For Statistics And Analysis, U. S. Department Of Transportation, (2005).
- 4) Air Resources Board ; Staff Proposal Regarding The Maximum Feasible And Cost-Effective Reduction Of Greenhouse Gas Emissions From Motor Vehicles, California Environmental Protection Agency, (2004).
- 5) IEEP ; Service contract to carry out economic analysis and business impact assessment of CO₂ emissions reduction measures in the automotive sector, (2005).
- 6) Hofbauer, P. ; Moving Towards Intelligent Gas Exchange : From Valve Deactivation to Fully Variable Valve Train, Variable Valve Actuation : New Issues, Solution & Technology, (Sept. 17. 2002).
- 7) Wolters, P., W. Salber, J. Geiger, M. Duesmann, and J. Dilthey ; Controlled Auto Ignition Combustion Process with an Electromechanical Valve Train, SAE 2003-01-0032.
- 8) Petitjean, D., L. Bernardini, C. Middlemass, and S. M. Shahed ; Advanced Gasoline Engine Turbocharging Technologies for Fuel Economy Improvements., SAE 2004-01-0988.
- 9) Lang, O., W. Salber, J. Hahn, S. Pischinger, K. Hortmann, and C. Buckner ; Thermodynamical and Mechanical Approach Towards a Variable Valve Train for the Controlled Auto Ignition Combustion Process, SAE 2005-01-0762.
- 10) Jauch, F. ; Model-Based Application of a Slip-Controlled Converter Lock-Up Clutch in Automatic Car Transmissions, SAE1999-01-1057.
- 11) Yamamoto, Y., M. Nishida, K. Suzuki, M. Saitou, H. Tsutsui, and S. Kozaki ; New Five-Speed Automatic Transmission for FWD Vehicles, SAE2001-01-0871.
- 12) Mozeer, H. ; The Automatic Transmission Development and Their Contribution to the Overall Emissions Reduction, Climate Change International Technology Symposium, (2003. 3).
- 13) 日比利文, 住 泰夫 ; トロイダルCVTの燃費向上に関する考察, 自動車技術, 58-9, 20044676.
- 14) Matthes, B. ; Dual Clutch Transmissions - Lessons Learned and Future Potential, SAE2005-01-1021.
- 15) Yamamori, K., K. Saitou, Y. Kobiki, and A. Ogawa ; Development of New Automatic Transmission Fluid for Fuel Economy, SAE2003-01-3258.
- 16) 清水康夫, 杉野光生, 河合俊岳, 松本哲也 ; 電動パワーステアリング, 自動車技術会学術講演会前刷集911102.
- 17) Kozlowski, F. and H. Hengstenberger ; Compact Starter-Alternator Systems with High Efficiency for 42V and 12V, SAE2002-01-0522.
- 18) NESCCAF ; Reducing Greenhouse Gas Emissions from Light-Duty Motor Vehicles, (2004).
- 19) Ricardo ; "Carbon to Hydrogen" Roadmaps for Passenger Cars : A Study for the Department For Transport and the Department Of Trade And Industry, (2004).
- 20) 国土交通省自動車交通局 ; 初度登録年別自動車保有車両数, (2004).
- 21) 国土交通省自動車交通局 ; 自動車燃費一覧, (2004).
- 22) 自動車技術会 ; 自動車諸元表, (2004).
- 23) 国土交通省総合政策局 ; 陸運統計要覧, (2004).
- 24) 資源エネルギー庁 ; 運輸部門のエネルギー消費動向, (2004). <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g40224b20j.pdf> (アクセス日2006. 3. 30)
- 25) 金本良嗣, 蓮池勝人, 藤原徹 ; 政策評価ミクロモデル, 東洋経済, (2006).
- 26) 環境省 ; 事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン (試案ver1.6), http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/guide/pdf1_6/mat_01.pdf (アクセス日2006. 3. 30)
- 27) 石油産業活性化センター ; 石油製品油種別LCI作成と石油製品環境影響評価調査報告書, (2000).
- 28) IETA / The World Bank ; State and Trends of the Carbon Market, (2005).
- 29) Point Carbon, EUA OTC closing price <http://www.pointcarbon.com/category364.html> (アクセス日2006. 3. 30)

協賛行事ごあんない

「第17回太陽光発電国際会議 (PVSEC-17)」

〔主 催〕 第17回太陽光発電国際会議組織委員会

〔共 催〕 応用物理学会, 電気学会,
名古屋産業科学研究所

〔日 時〕 2007年12月 3日(月)～ 7日(金)

〔場 所〕 福岡国際会議場 (福岡市博多区石城町)

〔発表分野〕 ①基礎研究, 新材料, デバイス, ②集光
および宇宙用太陽電池及びシステム用の
Ⅲ-V族化合物半導体太陽電池, 結晶Si系
太陽電池とプロセス技術, ④アモルファ
スSi及び微結晶シリコン薄膜太陽電池と
関連材料 他

〔発表募集締め切り〕 平成19年 7月15日(日)

〔問い合わせ先〕 第17回太陽光発電国際会議

(PVSEC-17) 事務局

T E L : 052-809-1877

F A X : 052-809-1879

E-mail : pvsec17@toyota-ti.ac.jp

※詳細は,

<http://www.pvsec17.jp/> 参照