

日本の乗用車市場における購買行動に基づく環境税制評価

—離散選択モデルと層化 CES シミュレーションによる影響分析—

胡 嘉毅

Evaluation of Environmental Tax System Based on Purchasing Behavior in Japanese Passenger Car Market - Policy Analysis by Nested Logit Model and Stratified CES Simulation -

Hu Jiayi

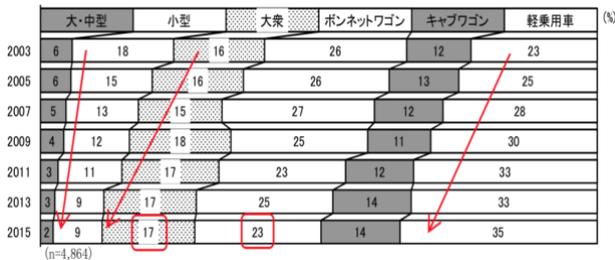
要旨：パリ協定におけるCO₂排出量抑制の目標値を達成するために、様々な環境政策が実施されている。日本でも自動車関連政策などを策定してCO₂、SO_xの排出を抑制し、社会厚生の上昇を促進している。その中、グリーン税制を通じて燃費基準達成車が普及することはひいてはガソリン需要が減少することにつながる。現在、ガソリンには揮発油税がかけられており、現在安定的なこの税収は将来的に不安定なものになることが予想できる。問題意識としては、将来的なガソリン税を含む自動車関連税制の最適水準はどの程度のものになりうるか、というものである。本稿では、燃費基準達成車を購入する意識の普及による自動車価格弾力性の変化に焦点を当て、1991年から2016年までの自動車車名別パネルデータを用い、計量およびシミュレーションを行った。シミュレーションにおいて、保有税が[-80%, +70%], 燃料税が[-50円, +80円]の税率改正範囲を設定した場合、(保有税+70%, 燃料税-50円)という座標で最良の社会厚生増分(+2607億円)が得られた。結論として、保有税の増税と燃料税の減税という方向で税率を調整することが社会厚生の上昇につながることを示唆された。

In the Paris Agreement, Various environmental policies are being implemented to achieve emissions cut targets by 2030. In Japan, we have formulated automobile-related policies and other measures to control emissions of CO_x and SO_x, to promote improvement of social welfare. Among them, dissemination of vehicles that meet fuel efficiency standards through the green tax system will eventually lead to a decrease in gasoline demand. Currently, gasoline is subject to volatile oil taxes, and it can be expected that this stable tax revenue now would be unstable in the future since the dissemination of eco-car. As a problem consciousness, what is the optimum level of automobile-related taxation including future gasoline tax? This paper focused on the change in car price elasticity by dissemination of consciousness to purchase vehicles that achieved fuel efficiency standards since 2009 green taxation reform, using Japanese car sales panel data from 1991 to 2016. In the simulation, if we set the car-holding tax rate among [-80%, +70%] and fuel tax [-50 yen, +80 yen], we get (holding tax + 70%, fuel tax - 50 yen) as the best social welfare increment point(+260.7 billion yen). In conclusion, it was suggested that adjusting the tax rate in the direction of increasing holding taxes and reducing fuel taxes leads to improvement in social welfare.

Key words: auto tax, nested model, simplified CGE simulation

1. はじめに

日本の自動車消費市場の現状について、消費者側からは、ダウンサイジング、若年層の車離れが進展する等車を取り巻く環境が大きく変化している。うち、車種タイプ・車型別保有率から見れば「大・中・小型」の減少傾向、「軽乗用車」の増加傾向が続いており、市場全体ではダウンサイジングが継続し、複数保有の組み合わせでは「軽同士」「軽+大衆車」の軽を含めたスモールカーの組み合わせが増加傾向となっている。自動車工業会の調査によれば、次世代自動車への意識について、「ハイブリッド車」「電気自動車」は6割を超えて認知されており、車については利便性向上のメリットを認識している一方で「ガソリンや駐車場代など維持にお金がかかる」といった経済的負担感も強く感じられている。マクロ経済全体から見れば今後消費よりも貯蓄が増え、車購入意向層は全体に比べ消費意識は高いものの、車の購入意欲は鈍化していくと見られている。



図表-1 自動車保有比率の推移

また、環境政策面において、日本のCO₂排出量全体の17.4%を占める運輸部門¹では、自動車からの排出が大部分を占めており、CO₂排出量削減という目標を達成するために、政府は自動車CO₂の削減に向けて取り組みを進めている。特に燃費基準達成車や電気自動車などの登場により、自動車部門におけるCO₂排出量の大幅な削減に期待が寄せられており、政府もエコカー減税やグリーン化特例といった制度を整えることで環境性能の優れた車種の普及を目指している。自動車税のグリーン化税制では、新車新規登録された一定の低公害車及び一定の低排出ガスで低燃費の自動車については、新車新規登録の翌年度の1年間、排出ガス性能及び燃費性能に応じて軽減される一方、初度登録年月日から13年を経過したガソリン車・LPG車、11年を経過したディーゼル車は重課されることとしている。日本の「次世代自動車戦略2010」によると、次世代自動車の普及促進のため、政府は目指

すべき車種別の普及目標を設定した。具体的には、2020年の乗用車の新車販売台数に占める割合は最大で50%、内訳として、ハイブリッド自動車が最大で30%を占め、電気自動車は最大で20%を占める目標を立てた。

世界主要国の自動車税制政策を俯瞰すれば、米国では連邦政府が次世代自動車に対する税額控除を行い、州政府においては、例えばカリフォルニア州は最大で2500ドルの補助金を給付している。そのほかにも多数の州が独自の支援策を実施している。ドイツ、フランス、イギリスもEV、PHVに対する導入補助を行っている。特に、イギリスやフランスにおいては2040年までにガソリン車の販売を段階的に禁止する政策をとっている。日本では、エコカー購入の場合、購入時の自動車重量税と自動車取得税に対し、免除、減税が行われており、環境性能の良い車に買い替える時、補助金が給付される。経済産業省は「次世代自動車普及に向けた国の取組について」の中で、次世代自動車を2020年までに新車販売の50%にするという目標を達成するため、購入費用の支援、技術開発の支援、加えて国際標準化の推進に力を入れると述べている。

以上のように自動車産業とそれに係る政策は転換期を迎えており、今後の政策形成のあり方を検討する必要性が高まっている。そこで本稿では生産規模の拡大や消費者購買行動と環境政策の変化による乗用車市場構造の移り変わりは日本の自動車市場にどのような影響を与えていたか、といった問題が自動車政策評価上の重要な課題となっている。

前述した通り、近年、環境意識の高まりや2009年自動車関連税制改革の推進に伴い、消費者の購買行動パターンも推移した可能性があるかと推測できる。問題設定としては、消費者が国の燃費基準を配慮して購入行動を行なっているか？それを知った上で既存の自動車関連税制をどう改善すべきか、といったところであり、最新のデータを用いて乗用車需要を計測することにより、最適税率を含む政策分析のための手がかりを提供することである。

先行研究について、消費財の選択、消費者余剰、外部性、税制に関してそれぞれまとめる。消費財の選択には、離散選択モデルが広く使われている。離散選択モデルとは商品の(価格を含む)属性に基づいて消費者が選択を行った結果、得られ

1 運輸部門CO₂排出のうち、自家用乗用車は1億12万トン(46.9%)、営業用貨物車は3,994万トン(18.7%)、自家用貨物車は3,633万トン(35.8%)、航空990万トン(4.6%)、鉄道916万トン(4.3%)である。(出典：国土交通省「環境：

運輸部門における二酸化炭素排出量」, http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html)

るシェア(あるいは選択確率)から商品の相対効用を求め、属性をこの相対効用に回帰することにより、各属性の価値評価を得るものである。Berry, S. T. (1994)、Berry, Levinsohn and Pakes(1995)はモデル推定に伴う問題に対する対処法を網羅的に扱っており、この分野での基本文献となっている。誤差項に厳しい制約が課される事などに問題はあるものの、現状の需要関数を推定する最良の手法として広く応用されており、本稿の自動車需要モデリングにおけるアプローチはそれらを倣う。

消費者余剰については、Trajtenberg(1989)はlogitモデルにおける需要関数を積分することで消費者余剰を導出し、ヘドニックアプローチでCTスキャナーにおけるプロダクトイノベーションを計測している。また、Ohashi(2003)はnested logitモデルに基づく需要関数から消費者余剰を求め、VHSとBetaの競争におけるネットワーク効果を測定している。ほかにも、補償変分や等価変分といった指標が用いられる先行文献があり、例としてPetrin(2002)はアメリカの自動車市場で登場したミニバンのインパクトを補償変分で計測している。

外部性については、金本(2006)では地球温暖化という外部不経済はもとより、大気汚染の外部不経済、混雑費用や、さらには交通事故などの外部不経済が指摘されており、そこで生じている社会的費用分を課税によって引き上げる必要があると考えられている。二村(1999)においても、CO₂排出量を抑制するために炭素税、つまり税金による価格の上乗せ施策の導入について考察を行っている。

税率について、CO₂排出量抑制施策としての課税は、どの程度の水準が望ましいかという問いに対して川瀬(2008)では、先述の金本(2006)の外部費用を援用し、最適なガソリン税率水準について研究を行っており、最適税率は現行のそれよりも高い水準になることが明らかにされている。しかしながら、柳澤(2007)においては、ガソリンの価格弾力性を推計し、固定価格弾性値は短期0.08、長期0.21と計算し、可変価格弾性値は短期で0.06、長期で0.14と算定している。これらの数値はいずれも非弾力的であると判断できる程度に小さいために、エネルギー価格の上昇による自動車利用控えによるCO₂排出量抑制効果ならびに、環境税のような制度に効果はないと結論付けている。

自動車産業の発展は内需刺激など好調な要因をもたらす一方、渋滞や環境汚染など負の外部効果をもたらしている。諸国の環境政策を巡る構造改革から、自動車を含む交通サービスに対する課税が環境政策の基礎であり、財政赤字の改善ならびに負の外部性を内在化するための決定的な役割を

果たしている。本稿における分析の必要性として、短期的には、自動車市場の変化に直面する自動車保有税および燃料税がどういう風に変化に適応し、政策コントローラーとしての役割を果たすことができるか、といった政策課題の検討に寄与する。長期的には、OECD先進国の重要な代表者として、日本の環境税制の構築と改善は現在国際動向に合致するだけでなく、さらに将来、他国のポリシーメーカーにとっても有益な事例となる。

本稿の研究目的としては、消費者側の購買行動の移り変わりを考慮してより精確な価格に関する需給関係を明らかにする。先行研究(金本良嗣、藤原徹、蓮池勝人(2004)「政策評価のための小規模ミクロ経済モデル」)にある結論「燃料税の増税と保有税の減税という政策パッケージが外部性を削減する一方で、利用者便益の減少を低く抑え、社会便益を最大化する有効な政策である」を参考に、先行研究の試料収集時点から10年以上の時間が経過しているガソリン価格などの物価水準や平均所得などの外部環境も大きく変化していることを配慮し、社会厚生を最大化するための自動車関連税制の最適税率を理論的・実証的に検討することである。

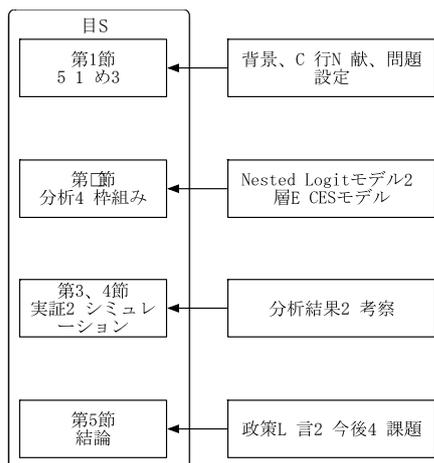
最後に、本稿の構成を述べる。

第1節は序言である。研究背景である自動車産業と消費者意識の変化、グリーン税制改革などに焦点を当て、これらに基づく研究内容を設定する。

第2節は分析手法の記述であり、計量およびシミュレーションの2つの側面に分かれている。自動車産業は比較的成熟している産業であり、理論や実証モデルがより充実している。本稿は製品異質性に基づくBerry(1994)モデルを用いて消費者の購買行動の変化を議論する。その後、弾力性の実証結果を使用し、金本ら(2004)の層化CESモデルで自動車に関連する税制改革政策の有効性を検証する。

第3、4節は前節の理論モデルに従い、データ処理、変数選択、パラメータ推定、および入れ子ロジットモデルの実証結果を言及し、また、シミュレーションにおけるカリブレーションおよび計算結果について説明する。

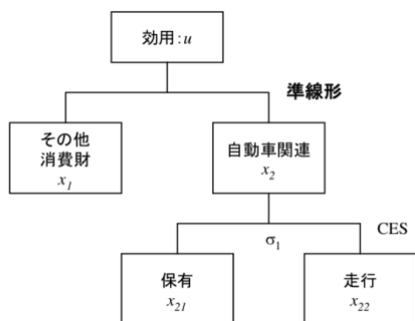
第5節は結論と今後の課題である。この節では、分析プロセスを立ち返り、第3、4節の結論を現実性に従ってさらに考察し、政策提言を考える。同時に、今後の改善方向を明確にし、本分析における改善可能なポイントを要約する。



図表-2 本稿の構成

2. 分析の枠組み

PangJun (2008) は閉鎖経済における CGE 静的モデルを構築し、中国の将来の資源・経済・環境(3E)に対する燃料税制改革の影響を分析している。ただし、CGE モデルの構築やデータ収集には膨大な作業が必要とされており、代替策として、本稿は金本ら(2004)が提案している層化 CES モデルを利用する。層化 CES モデルの利点として、政策評価に必要なフレキシビリティをもちながら、扱いの容易な CES 型関数を用いて整合性をもつ小規模モデルを構築している。



図表-3 層化 CES モデルの概念図

準線形層化 CES 型効用関数を数学的に表現すると、

$$u(x_1, x_2) = x_1 + \alpha_2 x_2^{(\sigma_0 - 1) / \sigma_0}$$

$$x_2(x_{21}, x_{22}) = \left(\alpha_{21}^{1/\sigma_1} x_{21}^{1-1/\sigma_1} + \alpha_{22}^{1/\sigma_1} x_{22}^{1-1/\sigma_1} \right)^{\sigma_1 / (\sigma_1 - 1)}$$

上の二式から構成される効用関数を、所得制約

$$x_1 + p_{21} x_{21} + p_{22} x_{22} \leq I$$

のもとで最大化するのが消費者の最適化問題である。本稿ではこのモデルに消費者購買行動の実証分析から得た情報を組み込み、自動車関連税制の改正による外部性、消費者余剰、税金の動きを明らかにすることを目的としている。

代替弾力性の計測について、自動車のような高額商品に関する需要分析において、一般的に個体ごとのマイクロデータが必要とされているものの、実務上、こういったデータは入手しづらく、代わりに集合データ (aggregated data) を利用することが多い。Berry (1994) は、需要データによる製品市場シェアを使用し、商品の選択における消費者の平均効用を逆算することで、需要モデルを計測する手法を提案している。

Cardell (1997) によれば、市場に流通している製品を $g=0, 1, \dots, G$ 合計 $G+1$ グループに分け、第 g 組を J_g とし、うち J_0 とは分析対象となる製品を除くその他全ての消費財を代表するグループである。 $j \in J_g$ にとって、消費者 i の効用は：

$$u_{ij} = \delta_j + \zeta_{ig} + (1 - \sigma) \varepsilon_{ij}$$

うち、 δ_j と ε_{ij} は Berry (1994) にある logit モデルと同じ定義であり、 ζ_{ig} は製品に対する消費者の個人選好差異である。消費者 i にとって ζ はグループ内で無差別となっており、未知のパラメータ σ ($0 < \sigma < 1$) と同じく I 型極値分布に従う性質を持っている。証明により、 ε_{ij} が I 型極値分布に従えば $\zeta_{ig} + (1 - \sigma) \varepsilon_{ij}$ も同じ分布に従う。かつ、 σ が効用水準のグループ内相関を意味しており、1 に近いほど、完全な相関性を表示し、0 に近づけば相関がないことを意味する。変数 d_{jg} を導入し、 $j \in J_g$ であれば $d_{jg} = 1$, そうでなければ $d_{jg} = 0$ 。よって、書き換えれば下記の通りになる。

$$u_{ij} = \delta_j + \sum_g d_{jg} \zeta_{ig} + (1 - \sigma) \varepsilon_{ij}$$

方程式右辺の $\sum_g d_{jg} \zeta_{ig} + (1 - \sigma) \varepsilon_{ij}$ が誤差項と見做すことができる。 σ の計測方法について、 $j \in J_g$ であれば製品 j のグループ内市場シェアは：

$$s_{j/g} = e^{\delta_j / (1 - \sigma)} / D_g$$

うち、

$$D_g = \sum_{j \in J_g} e^{\delta_j / (1 - \sigma)}$$

グループ J_g の市場シェアを S_g とすると、

$$S_g = \frac{D_g^{(1 - \sigma)}}{\sum_g D_g^{(1 - \sigma)}}$$

製品 j のグループ内市場シェアとグループ J_g の市場シェアから、製品 j の市場全体を占めるシェアが：

$$s_j = s_{j/g} \cdot S_g = \frac{e^{\delta_j / (1 - \sigma)}}{D_g^\sigma \cdot \left[\sum_g D_g^{(1 - \sigma)} \right]}$$

また、

$$s_0 = 1 / \left[\sum_g D_g^{(1-\sigma)} \right]$$

前述の二式から、

$$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \delta_j / (1 - \sigma) - \sigma \cdot \ln(D_g)$$

さらにDを入れ替えると、

$$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \delta_j + \sigma \cdot \ln(s_{jlg}) = x_j \beta - \alpha p_j + \sigma \cdot \ln(s_{jlg}) + \xi_j$$

となる。

当該方程式を用いて実証分析をし、さらに下記の通りに価格弾力性、代替弾力性を計測することが可能になる。

$$\eta_{jk} = \begin{cases} -\alpha_g p_j \cdot \left(\frac{1}{1-\sigma} - s_j - \frac{\sigma}{1-\sigma} \cdot s_{jlg} \right), & j = k \\ \alpha_g p_k \cdot \left(s_k + \frac{\sigma}{1-\sigma} \cdot s_{klg} \right), & j \neq k, j, k \in J_g \\ \alpha_g p_k s_k, & j \neq k, j \in J_g, k \in K_g \end{cases}$$

3. 実証分析

1) データ

本分析にあたって利用するデータについては、乗用車年間新車登録数、乗用車属性、乗用車新車販売価格、消費者に関する情報（マーケットサイズ）を想定している。そのうち、乗用車年間新車登録数は「自動車年鑑」の年間新車販売数を使用し、乗用車属性に当たるデータをカタログサイト「goo-net」で当てはめる。乗用車新車販売価格も同サイトで採集し、燃費基準達成の有無で優遇税金分を調整する。マーケットサイズについては免許保有数と自動車保有年数から計算する。自動車属性については車重(weight:kg)、排気量(haikiryou:cc)、燃費(nennpi:km/l)、ドア数(door)、定員(teinn)、シフト(shift:MT, AT, CVT)を利用する。

| | 説明変数 | 変数名 | 備考 |
|------|-------|----------------|---------------------|
| 量的変数 | 価格 | Adjusted price | goo-net, エコカー減税で調整。 |
| | 新車登録数 | Car sales | 自動車年鑑 |
| | 車重 | weight | goo-net |
| | 排気量 | haikiryou | |
| | 燃費 | nennpi | |
| | ドア数 | door | |
| | 定員 | teinn | |

2 2000年以降の販売数上位車種のみが軽自動車協会HPにて

| | シフト | shift | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | Market size | marketsize | 免許保有者/車保有年数 |
| 質的変数 | メーカー | maker | ダミー変数 |
| | シフト | at_mt_avt | |
| | 燃費基準達成車 | Nennpi_cert | |

図表-4 データ出典

ここでの乗用車登録数とは新車販売のみを指す。なぜなら、現実には新車販売について採取したパラメータで推計やシミュレーションを行う訳であり、中古車やリース、輸入車は新車と比例的・同質的に変化すると仮定している。

一方、軽自動車に関する車名別統計データについては軽自動車協会が集計していない²ことから、代替案として第1章で言及した自動車構成推移にある傾向を配慮し、一定の比率に沿って小型車のデータを流用することとしている。

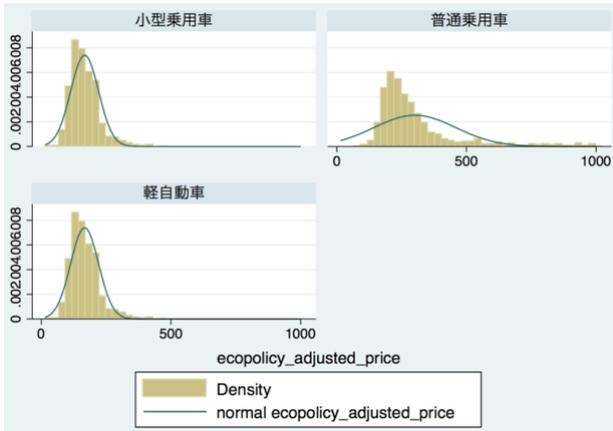
マーケットサイズを推計するに当たって、自動車購入者に関する情報は入手できないことから、別の手法で推計する。日本の全世帯数を自動車消費者にすることが考えにくいため、代わりに日本全国の自動車免許保有者を自動車保有年数で割った結果をマーケットサイズとしている。具体的な記述統計量は下記の通りである。

| Variable | Obs | Mean | Std.Dev. | Min | Max |
|----------|------|---------|----------|------|--------|
| 新車登録数 | 6571 | 19159 | 32017 | 1 | 406069 |
| 排気量 | 6571 | 1931.88 | 701.04 | 254 | 4996 |
| ドア数 | 6571 | 4.17 | .85 | 2 | 5 |
| 定員 | 6571 | 5.38 | 1.40 | 2 | 10 |
| 燃費 | 6571 | 13.42 | 4.60 | 4.2 | 40.8 |
| 車重 | 6571 | 1310.81 | 318.39 | 490 | 2270 |
| 価格 | 6571 | 215.25 | 122.21 | 15.6 | 999 |

図表-5 記述統計量

データ前処理において、販売価格の分布図を作成し、普通乗用車の右辺にある「外れ値」（主に期間限定車、豪華車、受賞記念車といった特集な車種であり、それらに対し一般的な乗用車需給モデルが適用しないと想定している）を削除している。(21 observations deleted)

掲載されている。



図表-6 乗用車価格分布

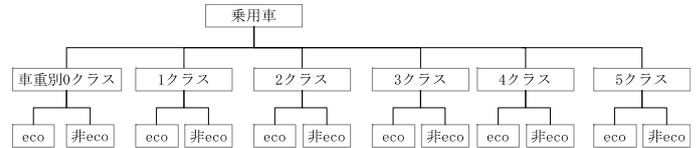
また、自動車の大きさが全長 4.7m、全幅 1.7 m、全高 2.0m以下で、ガソリン車の場合は総排気量が 2000cc 以内という小型乗用車の基準を 1 項目でも上回ると、普通乗用車に分類されるので、軽・小・普通という分類をそのまま流用すればある種のバイアスが生じる恐れがあると考えられる。データセットから見た限り、1970cc 排気量といった実質普通車である小型車が大量生産された現象がある。そこで、軽・小・普通の代わりに車重別という分け方を試みる。データの全処理においては、車重(weight)の記述統計量から、min(490 kg)から max(2270kg)まで i=0, 1, 2, ..., 9 という 10 クラスに分けている。

計量モデル左側にある市場シェア変数 $\ln s_j - \ln s_0$ と優遇税金調整済み販売価格 adjusted_price について時系列検定を行った結果、原系列の価格と市場シェアの間には逆因果性或いは両方向因果性があり、また価格原系列には定常性を満たさないことが示されている。一階階差をとる場合、0, 4, 7, 9 クラスに因果性なり定常性なりの問題がわずかに残っていることがわかる。

| 車重別 | 原系列 | | | 一階階差 | | |
|-----|-----|-------|------|------|-----|------|
| | 因果性 | ADF | 系列相関 | 因果性 | ADF | 系列相関 |
| 0 | 逆方向 | ○ | ○ | 両方向 | × | ○ |
| 1 | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 2 | ○ | Px Q○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 3 | 両方向 | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 4 | ○ | Px Q○ | ○ | 逆方向 | ○ | ○ |
| 5 | 両方向 | Px Q○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 6 | 両方向 | Px Q○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 7 | 逆方向 | × | ○ | 逆方向 | ○ | ○ |
| 8 | 両方向 | Px Q○ | × | ○ | ○ | ○ |
| 9 | 逆方向 | × | ○ | 逆方向 | ○ | ○ |

図表-7 $\ln s_j - \ln s_0$ と price に関する時系列検定

したがって、車重別の 10 クラスを隣のクラスと組み合わせる3ことで、データの前処理がクリアされている。最終的なクラス別として、(0 クラス: 490kg < weight < 832kg)、(1 クラス: 832kg < weight < 1345kg)、(2 クラス: 1345kg < weight < 1516kg)、(3 クラス: 1516kg < weight < 1687kg)、(4 クラス: 1687kg < weight < 2029kg)、(5 クラス: 2029kg < weight < 2270kg)、と定義している。仮説として、消費者が購買行動を決める際、先に用途に沿って乗用車のクラスを選び、次に環境配慮する燃費基準を達成したかどうかという基準で最終的に自動車を購入する。それに従い、下記のような入れ子を検討する。



図表-8 入れ子の設定

2) 結果

結果(図表)の提示としては下記の通りである。

| | Nested Logit Fixed-Effects Regression | |
|-------------------|--|----------|
| | Coef. | Std. Err |
| Haikiryou | -.000** | .000 |
| Door | .061 | .034 |
| Weight | .005** | .001 |
| Teiinn | -.153** | .027 |
| Shiftmt678 | -.244** | .077 |
| Shiftmt456 | -.315** | .065 |
| Shiftcvt | -.177** | .049 |
| Adjusted_price | -.008** | .001 |
| Class0*price | -.014** | .002 |
| Class1*price | .001 | .001 |
| Class3*price | .004** | .001 |
| Class4*price | .006** | .001 |
| Class5*price | .004** | .001 |
| Nennpi_cert*price | .002** | .000 |
| Nennpi | .002** | .000 |
| Ln(s_jlg) | .961** | .005 |
| Cons | -5.486** | 1.945 |
| R-sq_within | 0.874 | |
| R-sq_between | 0.435 | |
| R-sq_overall | 0.435 | |

註: 1) **, *は、それぞれ 1%, 5%の水準でゼロと有意差を持つ。

図表-9 実証結果

3 (01)2(34)5(67) (89) という新しい 6 車重クラスの分け方

を試し、因果性や定常性などの問題点はクリアされた。

上記の一覧表には、

$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \delta_j + \sigma \cdot \ln(s_{jlg}) = x_j \beta - \alpha p_j + \sigma \cdot \ln(s_{jlg}) + \xi_j$
 に従いパネルデータ回帰分析で推定した係数と標準偏差を表示している。データについては1991年から2016年までの日本新車市場にあるn=6568サンプルを使用している。また、Hausman、BP検定をかけ、固定効果モデルが望ましいとを示している。さらに、Ln(s_jlg)の係数σは0.96であり、先行文献らにある0.90~1.00と合致しており、グループ内の相関が高いことを示している。

| 車重別 | 加重弾力性 | エコ別 | 加重弾力性 |
|-----|--------------|------|--------------|
| 0 | -0.5322884 | 達成車 | -0.019817 |
| | | 未達成車 | -0.510921548 |
| 1 | -0.25337777 | 達成車 | -0.15971722 |
| | | 未達成車 | -0.32774681 |
| 2 | -0.404587951 | 達成車 | -0.27540277 |
| | | 未達成車 | -0.422804589 |
| 3 | -0.254160772 | 達成車 | -0.453613097 |
| | | 未達成車 | -0.231094462 |
| 4 | -0.150842893 | 達成車 | -0.001008019 |
| | | 未達成車 | -0.154240535 |
| 5 | -0.1223386 | 達成車 | -0.073293108 |
| | | 未達成車 | -0.076820152 |

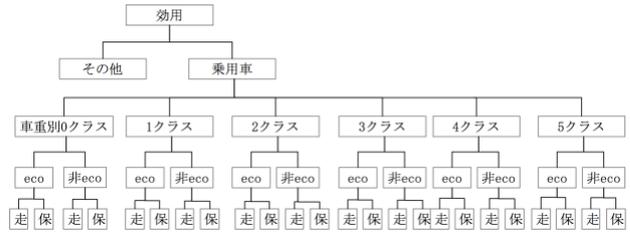
図表-10 車重別、燃費達成別乗用車弾力性の計測

実証結果から見れば、日本の乗用車市場における短期価格弾力性が0.1223~0.5323であり、1より小さくなっていることはわかる。一般に消費者から見て必需財の価格弾力性は小さく奢侈財では大きいことを想起すれば、日本の消費者は自動車を生活に必須とされる消費財にしていると言える。

広瀬（2008）は所得水準による乗用車需要の分析に当たって、自動車の価格弾力性が0.21~0.41であることを論じ、こちらの文献を対照し、いずれも乗用車市場が1より小さい非弾力的であることを示唆しており、本稿の推計結果0.1223~0.5323と整合的に見ることができる。

4. シミュレーション結果と考察

第三節の入れ子を参照に、下記のような層化CESモデルを構築することができる。



図表-11 シミュレーションモデルの全体図

図表-11が示す通り、モデルが四段階の関数となっている。効用関数は準線形関数であり、

$$u(x_1 + x_2) = x_1 + (\alpha_2 x_2)^{\frac{\sigma_0 - 1}{\sigma_0}}$$

自動車関連材 x_2 はクラス別6財によるCES型関数で表され、

$$x_2 = \left(\alpha_{20}^{\frac{1}{\sigma_1}} x_{20}^{1 - \frac{1}{\sigma_1}} + \alpha_{21}^{\frac{1}{\sigma_1}} x_{21}^{1 - \frac{1}{\sigma_1}} + \alpha_{22}^{\frac{1}{\sigma_1}} x_{22}^{1 - \frac{1}{\sigma_1}} + \alpha_{23}^{\frac{1}{\sigma_1}} x_{23}^{1 - \frac{1}{\sigma_1}} + \alpha_{24}^{\frac{1}{\sigma_1}} x_{24}^{1 - \frac{1}{\sigma_1}} + \alpha_{25}^{\frac{1}{\sigma_1}} x_{25}^{1 - \frac{1}{\sigma_1}} \right)^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1 - 1}}$$

クラス別消費財はさらに燃費達成車と未達成車に分かれ、

$$x_{20} = \left(\alpha_{200}^{\frac{1}{\sigma_{20}}} x_{200}^{1 - \frac{1}{\sigma_{20}}} + \alpha_{201}^{\frac{1}{\sigma_{20}}} x_{201}^{1 - \frac{1}{\sigma_{20}}} \right)^{\frac{\sigma_{20}}{\sigma_{20} - 1}}$$

.....

$$x_{25} = \left(\alpha_{250}^{\frac{1}{\sigma_{25}}} x_{250}^{1 - \frac{1}{\sigma_{25}}} + \alpha_{251}^{\frac{1}{\sigma_{25}}} x_{251}^{1 - \frac{1}{\sigma_{25}}} \right)^{\frac{\sigma_{25}}{\sigma_{25} - 1}}$$

最下位の階層では保有と走行といった消費財が設定されている。

$$x_{200} = \left(\alpha_{2000}^{\frac{1}{\sigma_{200}}} x_{2000}^{1 - \frac{1}{\sigma_{200}}} + \alpha_{2001}^{\frac{1}{\sigma_{200}}} x_{2001}^{1 - \frac{1}{\sigma_{200}}} \right)^{\frac{\sigma_{200}}{\sigma_{200} - 1}}$$

.....

$$x_{251} = \left(\alpha_{2510}^{\frac{1}{\sigma_{251}}} x_{2510}^{1 - \frac{1}{\sigma_{251}}} + \alpha_{2511}^{\frac{1}{\sigma_{251}}} x_{2511}^{1 - \frac{1}{\sigma_{251}}} \right)^{\frac{\sigma_{251}}{\sigma_{251} - 1}}$$

1) カリブレーション

カリブレーションにおいては代替弾力性σと分配率αを特定する必要がある。代替弾力性σの計算について、

$$\varepsilon_2 = -\sigma_0$$

$$\varepsilon_{2j} = -\sigma_1 + (\sigma_1 + \sigma_0)W_{2j}$$

$$\varepsilon_{2jk} = -\sigma_{2j} + (\sigma_{2j} + \sigma_1)W_{2jk}$$

$$\varepsilon_{2jkl} = -\sigma_{2jk} + (\sigma_{2jk} + \sigma_{2j})W_{2jkl}$$

ただし、Wは自動車関連サービスの中の財の支出シェアで、 $W_{2j} = p_{2j}x_{2j}/p_2x_2$ を満たす。前節の実証結果である価格弾力を用い、上記方程式を解けば代替

弾力性 σ が算出される。

| | | | |
|---------------|-------------|----------------|-------------|
| σ_0 | 0.300465234 | | |
| σ_1 | 0.276013403 | | |
| σ_{20} | 0.254725145 | σ_{200} | 0.074177477 |
| | | σ_{201} | 0.190866764 |
| σ_{21} | 0.211450627 | σ_{210} | 0.081399685 |
| | | σ_{211} | 0.198088972 |
| σ_{22} | 0.422193956 | σ_{220} | 0.046228126 |
| | | σ_{221} | 0.162917413 |
| σ_{23} | 0.408694156 | σ_{230} | 0.048481147 |
| | | σ_{231} | 0.165170434 |
| σ_{24} | 0.120764849 | σ_{240} | 0.096534495 |
| | | σ_{241} | 0.213223782 |
| σ_{25} | 0.125900143 | σ_{250} | 0.095677451 |
| | | σ_{251} | 0.233378574 |

図表-12 代替弾力性パラメータ推定結果

分配パラメータ α の推定について、求めた代替の弾力性と、価格と需要量のデータにより、分配のパラメータ α と価格インデックス p を、以下の関係式に従って特定する。

$$\alpha_{2jkl} = \left(\frac{p_{2jkl} X_{2jkl}^{1/\sigma_{2jk}}}{p_{2jkl} X_{2jkl}^{1/\sigma_{2jk}} + p_{2jkl} X_{2jkl}^{1/\sigma_{2jk}}} \right)$$

$$p_{2jk} = \left(p_{2jkl} X_{2jkl}^{\frac{1}{\sigma_{2jk}}} + p_{2jkl} X_{2jkl}^{\frac{1}{\sigma_{2jk}}} \right)^{\frac{1}{1-\sigma_{2jk}}}$$

$$\alpha_{2jk} = \left(\frac{p_{2jk} X_{2jk}^{1/\sigma_{2j}}}{p_{2jk} X_{2jk}^{1/\sigma_{2j}} + p_{2jk} X_{2jk}^{1/\sigma_{2j}}} \right)$$

$$p_{2j} = \left(p_{2jk} X_{2jk}^{\frac{1}{\sigma_{2j}}} + p_{2jk} X_{2jk}^{\frac{1}{\sigma_{2j}}} \right)^{\frac{1}{1-\sigma_{2j}}}$$

.....

また、 α に関するカリブレーションの際に使用するデータについては下記の通りである。

| | | |
|------|----------|-----------|
| 項目 | 備考 | |
| 所得 | 国民経済計算年報 | |
| 需要量 | 保有台数 | 自動車検査登録協会 |
| | 走行距離 | 陸運統計年報 |
| | 燃料 | 自動車輸送統計年報 |
| | 保有 | 新車価格 |
| 駐車費用 | | 家計調査年報 |
| 保険料 | | 自動車保険算定会 |

| | | | |
|----|----|------|--------------|
| | | 修理整備 | 家計調査年報 |
| 価格 | 走行 | 燃料価格 | 自動車輸送統計年報 |
| | | 燃費 | 自動車カタログ、e 燃費 |

図表-13 カリブレーション用走行データ一覧 1

| | |
|--------------|-------------------------|
| 所得 | 国民経済計算年報 |
| 保有価格(レンタル) | 44.13 万円/台 |
| 保有台数 | 8187 万台 |
| 走行価格 | 9.96~15.00円/km |
| 走行距離 | 6054 億 km |
| 走行距離の燃料価格弾力性 | no_eco -0.2 eco -0.1 |

図表-14 カリブレーション用保有データ一覧 2

分配パラメータの推定結果は下記の通りである。

| | | | |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|
| α_2 | -97567993 | α_{2000} | 0.661963951 |
| | | α_{2001} | 0.999714451 |
| α_{20} | 0.183876208 | α_{2010} | 0.551772858 |
| α_{21} | 0.992140985 | α_{2011} | 0.991376507 |
| α_{22} | 0.300518543 | α_{2100} | 0.654778289 |
| α_{23} | 0.300732648 | α_{2101} | 0.99955081 |
| α_{24} | 0.108278136 | α_{2110} | 0.545409647 |
| α_{25} | 0.00633623 | α_{2111} | 0.990535577 |
| | | α_{2200} | 0.690272069 |
| α_{200} | 0.230618964 | α_{2201} | 0.999984771 |
| α_{201} | 0.126623 | α_{2210} | 0.576938417 |
| α_{210} | 0.999886627 | α_{2211} | 0.994349827 |
| α_{211} | 0.804732 | α_{2300} | 0.687956533 |
| α_{220} | 0.992836878 | α_{2301} | 0.999978368 |
| α_{221} | 0.394542 | α_{2310} | 0.574878648 |
| α_{230} | 0.993626793 | α_{2311} | 0.994128314 |
| α_{231} | 0.641244 | α_{2400} | 0.639870605 |
| α_{240} | 0.922194931 | α_{2401} | 0.999049562 |
| α_{241} | 0.023310326 | α_{2410} | 0.532265775 |
| α_{250} | 0.326599077 | α_{2411} | 0.98868985 |
| α_{251} | 0.326599077 | α_{2500} | 0.640709456 |
| | | α_{2501} | 0.999083878 |
| | | α_{2510} | 0.515168924 |
| | | α_{2511} | 0.986076824 |

図表-15 分配パラメータ推定結果

2) 結果

当該シミュレーションは設定上、保有税が[-80%, +70%], 燃料税が[-50 円, 80 円]の税率改正範囲

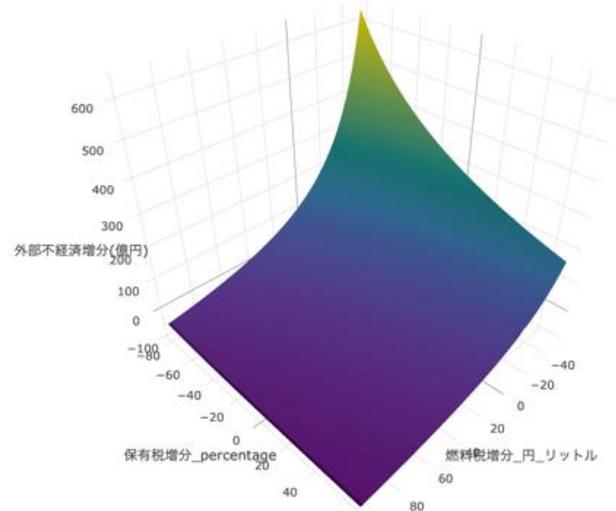
を設定している。

外部性について、走行と保有の消費量を図表-16の外部性の金銭評価で換算することで、現状の自動車保有税・燃料税率と比べる汚染や事故の外部性増分が求められる。

| 外部性設定 (円/リットル、円/km) | |
|---------------------|------|
| 温暖化ガス | 19.3 |
| 大気汚染 | 9.9 |
| 混雑 | 7 |
| 事故 | 2.5 |

図表-16 外部性の金銭評価⁴

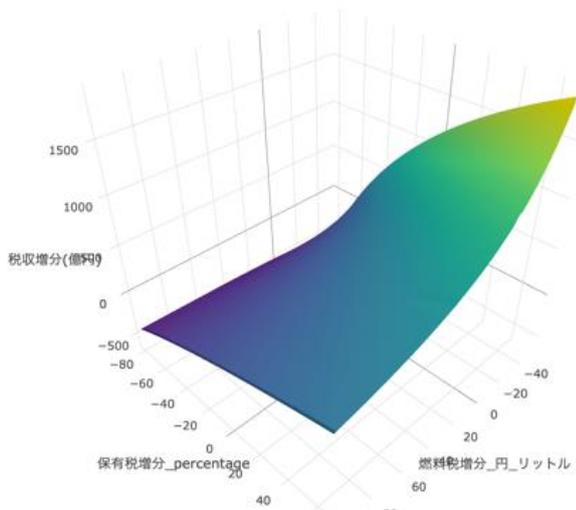
分析にあたって、保有税と燃料税を同時に増税することによって、走行と保有という財の価格コストが上昇し、両財の消費が減少することで外部性が現行制度より削減される効果が実現するという基本的な前提条件を確認できた。図表-16の外部性設定の大小関係が正確であれば、両税ともに減税する場合、最大600億円（保有税-80%, 燃料税-50円）の外部性削減が果たされる一方、両税ともに増税する場合には100億円未満（保有税+70%, 燃料税+100円）の効果しか実現していません。増税による外部性削減の限界を示唆している。また、保有税を一定とし、燃料税を調整、あるいはその逆で、個別の税目を考察する場合、保有税は税率の上昇に連れて外部性が減少するものの、傾きから判断すると燃料税ほどの改善が見られず、汽車の保有による混雑や事故による外部性を保有税で抑えるよりも、GHGや汚染を燃料税増税で対処した方が効率的であることが示されました。ただし、外部性の金銭評価にある数値が変われば、今回シミュレーションの結果も当然変化するので、政策分析ができたわけではなく、「モデルが正しく構築できた」ことが確認できたに過ぎないと考えるべきである。



図表-17 税率変動による外部性増分

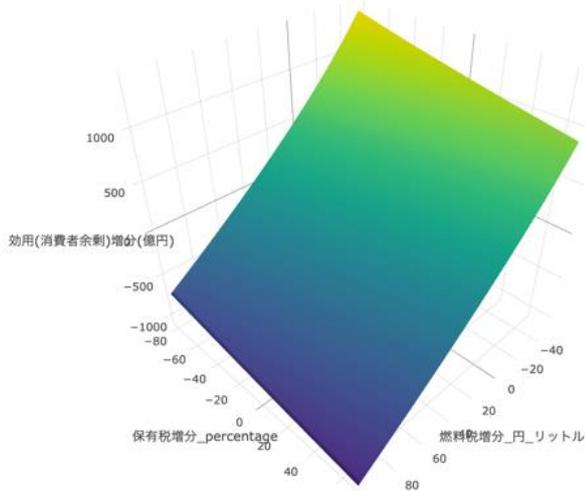
次に税収については、両税ともに増税すれば税収が増えるという一般認識に対し、異なる結論が提示された。図表-18「税率変動による税収増分」が示す通り、両税ともに減税する場合、最大604億円（保有税-80%, 燃料税-50円）の歳入が失う一方、両税ともに増税する場合には299億円（保有税+70%, 燃料税+100円）の増税効果が実現している。予想外に、燃料税が減税し、保有税が増税する方向で、最大1873億円（保有税+70%, 燃料税-50円）の歳入増分が実現可能となっており、燃料税の減税による自動車関連財消費の増加効果が大きいに強調された。ただし、燃料税・保有税の非対称操作と税収最大化の議論については、当該方向性はまだそのままでは政策の選択肢にはならず、消費者余剰を考えず単純に政府が税収を増やすことだけを考えた場合の議論であることをここで強調したい。

4 外部性の金銭換算については、金本ら(2004)「政策評価ミクロモデル」、p107をそのまま参照し、流用することにした。



図表-18 税率変動による税収増分

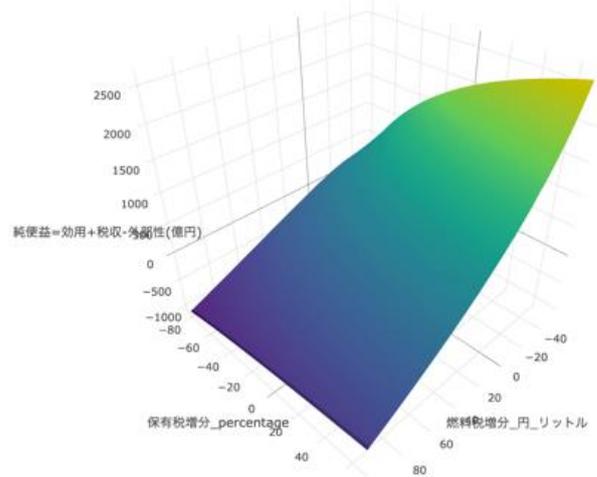
また、消費者余剰（総効用）の増分については、両税共に増税した場合、財の消費量が減り、効用が減少していくとの想定と一致し、税率と消費者効用の間に負の相関が見られており、[-1056, 1383]億円の区間で消費者余剰が税金の調整に連れて変動する。



図表-19 税率変動による消費者余剰増分

最後に社会純便益については、「社会純便益=税収+効用-外部性」と定義する。図表-20 が示す通り、保有税+70%, 燃料税-50 円の場合、+2607 億円の社会純便益増分が実現される。本シミュレーションの結果として、単純に保有税や燃料税を増税あるいは減税するよりも、燃料税を減税し、保有税を増税するといった方向を沿った改正案では社会純便益が最も大きく改善されることが示された。ただし、保有税

+70%・燃料税-50 円とは端点解であり、実際には 3Dplot 図表の範囲外に保有税を上げて燃料税を下げる（補助を出す）ことが最適という結果になっている。その場合、弾力性の計測結果やカリブレーション、仮定した関数形状の適切性、あるいは外生変数の脱落の可能性などを考えた上で判断する必要があり、感度分析を行う必要も生じるが、今回の報告書では作業量や時間制約の関係で断念し、結論の信憑性に大きな問題を残ってしまった。



図表-20 税率変動による社会厚生増分

5. 結論

本稿では、2009 年グリーン税制改正により、消費者が乗用車購入の意思決定に当たって、自動車の燃費基準達成を重視するようになってきていることを想定し、車重と燃費基準の達成を入れ子モデルに組み込むことで、離散選択モデルを構築した。その結果、R-sq_within が 0.87, between が 0.43 で、解釈能力が良好な実証モデルを得た上で、実証分析から得た価格弾力性を用い、自動車を巡る税制改革をシミュレーションで分析し、最適税率を推計して見た。結果として、保有税が [-80%, +70%], 燃料税が [-50 円, 80 円] の税率改正範囲を設定した場合、（保有税 +70%, 燃料税 -50 円）という座標で最良の社会厚生増分（+2607 億円）が得られ⁵、つまり、保有税の増税と燃料税の減税という方向で税率を調整すれば現行税制よりも社会厚生が改善されることが明らかになった。これは、先行研究（金本良嗣、藤原 徹、蓮池勝人（2004）「政策評価のための小規模ミクロ経済モデル」）にある結論「燃料税の増税と保有税の減

5 保有税+70%・燃料税-50 円とは端点解であり、実際には 3Dplot 図表の範囲外に保有税を上げて燃料税を下げる

（補助を出す）ことが最適。

税という政策パッケージが外部性を削減する一方で、利用者便益の減少を低く抑え、社会便益を最大化する有効な政策である」とは異なる内容である。なぜ保有税と燃料税改正の方向性は先行研究と正反対な結論に至ったのだろうか。まず考えられるのは、増分の内訳が違うからである。先行文献では社会純便益の増分は概ね、燃料税増税による自動車関連財の消費減少がもたらす外部性抑制の金銭価値（CO₂720 億円、大気汚染 377 億円、混雑事故 2387 億円）が効用の減少（-2364 億円）を相殺することができるため、余分の 1133 億円が純便益となる（税収は中立であるため、考慮しない）。一方、本稿では前章、外部性増分の推計において、パラメータの設定により、増税による外部性削減効果には先行文献よりも顕著な効果逡減が見られている。それを配慮した上で、逆に燃料税を減税して歳入の大幅な増加（1873 億円）が外部性増分（165 億円）を相殺できれば社会純便益の向上が達成できるという可能性を提示している。

一方、モデル自体においても十分に配慮していない部分も存在しており、残された課題として、1) 内生性、2) 中古車や廃車率、3) 税金の用途、4) 地域別特性などが挙げられる。

内生性について、自動車価格は観察できない特性（ブランドイメージ、広告宣伝、デザインなど）と相関し、その特性が誤差項に含まれると内生性の問題が生じる可能性が高い。この場合は推定結果に影響を与えてしまうので、操作変数を用いる必要があると想定している。この問題に対して Berry et al. (1995) は観察可能な特性が観察できない特性と相関を持たないことを仮定した上で、Newey (1990) を基に操作変数を提案している。

廃車率、新車、中古車について、現在のモデルでは、乗用車については、中古車の購入や新車から中古、中古から廃車へといった状況を考えることなく新車を購入する時点の社会純便益増分を分析する構造（いわゆる静学的なモデル）となっている。そこで、購入の意思決定は現在時点のみならず、将来の消費も考慮することと、過去の意思決定の結果として存在する現時点での中古車ストックが、現在及び将来の新車購入の意思決定に影響を与えることから、自動車の耐久性を考慮に入れて動学的な枠組みにすることがモデルの精度向

上につながると考えられる。特に、加藤博和ら (1999) により、現有車両の存廃選択は主として、取得・保有税が影響を与え、低車格車ほどその影響が大きくなることから、本稿第 4 章で示す保有税効果が過小評価された可能性もあると懸念する。

自動車関連税金の使い道について、今回の分析においては「純便益＝効用 + 税金 - 外部性」と計算上、税金が外部性の対処に支出すると設定しているが、より現実的な設定として、税金を燃費達成車向けの補助金として支出することで、外部性を抑制することを今後の課題として考えられる。

最後は、地域別分析の構築である。本稿で利用したデータは日本全国を対象としたであり、都市と地方の特性を反映した地域モデルを構築した方がより効果的な政策シミュレーションが可能となると想定している。

6. おわりに

自動車税制、道路特定財源制度のあり方については、一般財源化問題も含め、活発な議論が展開されると予想される。今後は以上の課題をふまえた分析を進め、離散選択モデルや層化 CES シミュレーションを有効活用することによって、家計の経済厚生水準向上、環境問題の解決といった大局的な観点から、自動車税制の在り方に関する研究の精度を向上させていきたい。

謝 辞

本稿の執筆にあたっては、指導教官である戒能一成先生、松村敏弘先生の両氏から、授業内外問わず懇切丁寧なご指導を頂いた。

著者の実力不足で、モデルの選択や分析結果の考察でつまづく場面もあったが、両氏のお力添えのおかげで研究を前進させることができた。この場を借りて両氏に厚く御礼申し上げたい。

なお、本研究における分析結果や考察は全て筆者個人の見解であり、本稿における誤りは、当然ながら筆者のみに帰する。

6 ここでの相殺とは税金の増収分を汚染などの外部性を削

減するための事業に支出することを意味する。

引用文献

- American auto council, How Japan has Maintained The Most Protected and Closed Auto Market In the Industrialized World, <http://www.americanautocouncil.org/sites/aapc2016/files/Japans%2BProtected%2BAuto%2BMarket.pdf>
- Berry, S., J. Levinsohn and A. Pakes, (1995), "Automobile Prices in Market Equilibrium," *Econometrica*, Vol. 63, No. 4, pp. 841-890
- Berry, Steven T. (1994) "Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation," *RAND Journal of Economics*, 25 (2), 242-262
- Newey, W. K., (1990), "Efficient Instrumental Variables Estimation of Nonlinear Models," *Econometrica*, 58, 809-837.
- Petrin, Amil. (2002) "Quantifying The Benefits Of New Products: The Case Of The Minivan," *Journal of Political Economy*, v110(4, Aug), 705-729.
- Petr MATOUS, 戸堂康之 (2015), 「系列を解体しなければ生き残れない」－日本の自動車産業のサプライチェーンの構造変化に関する定量的分析－
- Pang Jun (2008), 应用 CGE 模型分析中国征收燃油税的经济影响[J], *经济问题探索*, 2008 (11): 69-73
- Manuel Trajtenb (1989), The Welfare Analysis of Product Innovations, with an Application to Computed Tomography Scanners, *The Journal of Political Economy*, Vol. 97, No. 2 (Apr., 1989), pp. 444-479
- 『日本経済新聞』2017年7月28日朝刊「ガソリン需要鈍化懸念、原油相場上昇の重荷」
- 維持費詳細：トヨタ:C-HR:1.2 S-T 4WD の維持費 詳細モードで計算：https://car-life.adg7.com/car_syousai.php?m=TO&i=27220&ver=db&z=&val=0007u04867
- 加藤博和ら (1999) 「自動車関連税の課税レベルと税間バランスによる CO2 削減効果の 差異に関する分析」、*運輸政策研究*, 1999 Vol.2 No.1 Spring
- 環境省 (2010) 『主要国のエコカー戦略』 http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mlt_roadmap/comm/com02-02/mat05.pdf
- 金本良嗣、藤原 徹、蓮池勝人 (2004) 「政策評価のための小規模ミクロ経済モデル」、RIETI Discussion Paper Series 04-J-046
- 参議院経済産業委員会調査室 (2016) 「自動車産業の現状と今後の課題」、*立法と調査* 2016. 7No. 378, p135-p150
- 経済産業省製造産業局自動車課 (2013) 『次世代自動車普及に向けた国の取組について』 http://www.cev-pc.or.jp/event/pdf_tokyo/tokyo01.pdf 「次世代自動車戦略 2010」, http://www.hkd.meti.go.jp/hokis/mono_kondan2/data02_2.pdf
- 広瀬 明 (2008), 「所得水準による乗用車需要の分析」、*埼玉学園大学紀要 (経済経営学部篇) 第 14 号*
- 国土交通省「自動車燃料消費量統計」 <http://www.mlit.go.jp/k-toukei/22/annual/index.pdf>
- 三好博昭、阿久根優子、谷下雅義 (2006), 「多部門均衡モデルによる自動車税制：変更効果のシミュレーション」、ITEC Working Paper Series
- 自動車検査登録情報協会「自動車保有台数」 <https://www.aria.or.jp/publish/statistics/number.html>
- 川瀬晃弘 (2008) 『最適課税論からみたガソリン税率：日米英比較』 東洋大学。
- 内閣府「小売物価統計調査」 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&lid=00000117>
- 9544
- 二村真理子 (1999) 「地球温暖化問題と自動車交通一税制のグリーン化と二酸化炭素排出削減」 日本交通学会 1999 年研究年報
- 日本自動車工業会 (2016) 「乗用車市場動向調査」, http://www.jama.or.jp/lib/invest_analysis/pdf/2015PassengerCars.pdf
- 北野 泰樹 (2013), 「偽装された保護主義？ 日本の自動車市場における環境政策」, *経済産業研究所ディスカッション・ペーパー*
- 柳澤明 (2007) 『ガソリン価格の高騰は消費様式を変化させたか』 IEEJ。