

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 4 月 28 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26740054

研究課題名(和文)環境効率に着目した自動車保有のコホート分析

研究課題名(英文)Cohort analysis of car ownership focusing on environmental efficiency

研究代表者

八木 迪幸(Michiyuki, Yagi)

神戸大学・社会システムイノベーションセンター・特命准教授

研究者番号：50708550

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、1980年代から現在までの日本において、日本市場を対象に自動車保有のコホートデータを整備した。まず自動車データとデモグラフィックデータとの相関分析を行った。主な結果は、普通乗用、小型乗用、小型四輪貨物に対し、所得と人口密度は正の相関、車齢、消費者物価指数、ガソリン価格、平均世帯サイズ、人口、列車・バス使用は負の相関、純移動率と高齢者割合はあいまいな相関が見られた。次に、新車の売上シェアに対する車両と燃費の弾力性をランダム係数ロジットモデルで、保有自動車台数に対する自動車保有税と燃費の弾力性の変化を動的コホートモデルで推計した。

研究成果の概要(英文)：This study organizes cohort data of car ownership in Japan from 1980s to present. This study firstly examines the correlation analysis between car ownership and demographic data. As a main result of regular and compact passenger cars and compact four-wheel cargo, positive relationship is found for income and population density; negative relationship is found for car age, consumer price index, gasoline price, average family size, population size, train and bus uses; ambiguous relationship is found for net immigration rate and rate of old person. This study next examines the elasticities with respect to car price and fuel efficiency for car purchase (market share) by random-coefficient logit model and the elasticities with respect to car ownership tax and fuel efficiency for car ownership (numbers) by dynamic cohort model, respectively.

研究分野：環境経営

キーワード：自動車 コホート分析 人口動態 弾力性

### 1. 研究開始当初の背景

日本の自動車産業において、近年、自動車保有台数は頭打ちの様相が見られている。自動車保有・利用についての外部不経済について考えると、この自動車保有・利用の減少により、温室効果ガスの減少や原油依存に関する費用、混雑費用、道路損傷費用といった走行に関する外部不経済の減少が同時に生じると期待される。こうした流れから、外部不経済の減少という厚生増加および環境効率の増減を明らかにしこれからの環境政策を論じる上で、自動車保有やがどのような要因で変動するのかを明らかにすることは重要であろう。

こうした自動車保有の変動について考える上で、消費者行動と生産者行動も考慮すべきだと考えられる。消費者側から見れば、失われた20年による不況や人口減少により新車購入が減少しているだろうと予想される一方で、平均使用年数に増加が見られるなどの購買行動が考えられる。また、税制やガソリン価格により、車を手放し、より燃費のいい車を選ぶなどの行動が保有に影響するだろうとも予想される。一方で生産者側から見れば、車の生産コストの減少や燃費の増加、技術革新による使用耐久年の増加などで、より消費者に魅力的な車を供給することで、保有台数の増加に貢献しているだろう。またメーカー同士の製品開発競争や原材料コストの変動なども、自動車生産コストに影響するだろうと考えられる。

本研究では、日本市場を対象に自動車保有のコホート分析を行い、過去30年間の保有台数の増減要因を明らかにすることを目的とする。特に、自動車の流入としての新車市場と他地域への流出としての中古車市場、処分としての廃棄市場の3つに着目する。また、燃料価格・自動車税制が、生産者行動・消費者行動を通じ、排出ガス削減にどの程度に寄与しているかといった環境効率への影響を明らかにすることを旨とする。

燃料価格が車両燃費に与える影響に関する実証研究には2種類の方法がある。一つは、世帯レベルでの車保有の意思決定をモデル化する方法である(Bento et al., 2009)。この推計には世帯レベルデータが必要であるが、そういったデータは比較的取得しにくい。もう一つは車両平均燃費(MPG)をガソリン価格に回帰する(Li et al. 2009)である。本研究では、まずLi et al. (2009)のコホート型の分析方法を用い、燃料価格・自動車税が平均燃費に与える影響を推計する。

次に、新車市場に関する分析では、Berry et al. (1995; BLP)やDubé et al. (2012)はシェアデータを用いて生産関数と消費者関数とを同時に推計する手法である構造推計手法を提示している。この手法を用いることで、これまで誘導形でしか推計できなかった生産・消費関数を別々に識別することができ、ガソリン価格や自動車税に企業と消費者が

それぞれどのように反応したかについて推定することができる。本研究ではこのBLPモデルの利用を目指す。

先行研究について、こうした自動車市場における税制や環境規制がもたらす効果を評価するための実証分析は主にUS市場において行われている(Knittel, 2012)。主要な結論として、次の2つが挙げられる。1) まずUSのCAFE基準とCAFE基準を達成するために必要なピグー税との比較では、同量の効果ガス削減に対して、CAFE基準はピグー税よりも2倍から7倍程度高く、環境効率的ではない。2) USの自動車産業における自動車平均燃費の燃料価格弾力性の実証分析によると、1\$/gallonのガソリン価格は短期で0.8から1.8 miles-per-gallon(MPG)である。これは、USの現状が約2~4\$/gallon、平均20~30MPGであることを考えると、弾力性は小さく、ガソリン価格が上昇しても燃費改善に与える影響は小さいと言える。

ここで、US市場と日本市場の特徴を考えると、USよりも日本のほうが燃料価格が高い(OECD加盟国基準から考えれば、USの燃料価格水準が突出して低い)(Knittel, 2012)。そして、日本は燃料価格よりも、自動車税の負担分が相対的に大きい(Hayashi, 2001)。このため、日本の燃料価格弾力性が先行研究とは異なる可能性が生じる。さらに、日本の自動車税率の高さが自動車構成や燃費に影響を与えている可能性もある。本研究ではこうした税率や燃料価格の影響に焦点を当てる。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究は、日本の自動車保有の要因を、1980年から2009年まで、独自のデータベースを用いて明らかにすることを目的とする。焦点は、都道府県レベルでの人口や人口密度、収入といった人口動態的要因に置かれる。これは、日本は、2060年に向けて、少子高齢化などの劇的な人口動態の変化が推計されているためである。

(2) 本研究では、1998年から2014年までの都道府県レベルでの日本の自動車購入・所有の需要を実証的に検証し、自動車購入(1998-2014年)における車体価格と燃費の弾力性と、保有(2008-2013年)における自動車税と燃費の弾力性をそれぞれ推計する。マクロ的に見ると、日本の自動車市場は、安定し成熟した寡占市場であり、過去20年に渡り環境が配慮されている。研究目的は、グリーン税制の導入が、ミクロの視点からどのように自動車需要に影響を与えるかを明らかにすることにある。

### 3. 研究の方法

(1) 本研究方法の特徴は2つある。1つ目は、大規模な国全体のデータを用い、自動車コホートモデルを採用する。先行研究では、コホ

ートデータは通常世帯や人のコホートであり、自動車保有のコホートではない。日本の幾つかの研究ではこの自動車コホートの情報を利用している。ただし、これらの研究はシミュレーションの研究であり、本研究のような実証研究ではない。2 つ目は、先行研究に基づき、人口動態的・社会要因を次の5つの要因(I~V)、長期的要因、経済的要因、自然的要因、社会的要因、他の交通要因に分類する。長期的要因には、長期効果と車齢を用いる。経済的要因には、収入と消費者物価指数、ガソリン価格を用いる。自然的要因と社会的要因は、人口の増減か自然的増減と社会的増減に分けられることから類推されたものである。自然的要因には、人口、人口密度、平均世帯サイズ、高齢者割合を用いる。社会的増減には、純移動率、人口集中地区の人口割合を用いる。他の交通要因として、一人当たり電車とバス利用回数(利用人口÷人口)を用いる。

本研究で用いる自動車コホートモデルは次のような、自動車保有を目的変数とするダイナミックモデルである。

$$\ln N_{i,r,j,t} = \theta f(D_{r,t}, i, r, j, t) + (1-\theta) \ln N_{i,r,j-1,t-1} \quad (1)$$

$N$  は自動車保有台数、 $i$  は各車のブランド、 $r$  は地域、 $j$  は車齢、 $t$  は年をそれぞれ示す。 $D$  はデモグラフィック要因である。 $\theta$  は長期的影響である。この式(1)を OLS で推計する。

データは、自動車検査登録情報協会の初度登録年別自動車保有車両数から用いる。人口動態データ等は、総務省統計局 HP、石油情報センターHP、地域交通年報からそれぞれ用いる。

(2) 研究方法として、まず車の購入に関して、Dubé et al. (2012)の平衡制約付きの数学的プログラム(MPEC)を用いた、ランダム係数ロジットモデル(DFS)を採用する。この際、データ期間の1998-2014年の17年間に対して、同じ一貫した設定で推計する。まず車購入の効用関数として、購入物  $j$ 、消費者  $i$ 、市場  $t$  の効用を次式で表す。

$$u_{i,j,t} = \beta_i^0 + x'_{j,t} \beta_i^x + \beta_i^p p_{j,t} + \xi_{j,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (2)$$

$x$ 、 $p$  はそれぞれ製品属性、価格、観察されない垂直特性(価格の内生性)を表す。

式(2)の  $\varepsilon_{i,j,t}$  が分布  $F(\cdot; \cdot)$  と  $F(\cdot; \cdot)$  から独立したものであり、 $\varepsilon_{i,j,t}$  がタイプ I の極値分布であるとする。具体的には、 $F(\cdot; \cdot)$  は、 $\mu = (\mu, \sigma)$  の  $K$  標準正規確率変数の積となる。実証的に、 $F(\cdot; \cdot)$  から  $n_s$  回抽出したモンテカルロシミュレーションを用いて、製品  $j$  の市場シェア  $s$  は以下のようにランダム係数ロジットモデルとして表される。

$$\hat{s}_j(x_i, p_i, \xi_i; \theta) = \frac{1}{n_s} \sum_{r=1}^{n_s} \frac{\exp(\beta^{0,r} + x'_{j,t} \beta^{x,r} - \beta^{p,r} p_{j,t} + \xi_{j,t})}{1 + \sum_{k=1}^J \exp(\beta^{0,r} + x'_{k,t} \beta^{x,r} - \beta^{p,r} p_{k,t} + \xi_{k,t})} \quad (3)$$

ここで、操作変数  $z$  を用い、直交条件  $E[\varepsilon_{j,t} \cdot h(z_j, t, x_j, t)] = 0$  で、一般化モーメント法(GMM)によりパラメータを推計する。

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \xi, \eta} \eta' W \eta \\ & \text{subject to } g(\xi) = \eta \quad (4) \\ & s(\xi; \theta) = S \end{aligned}$$

ここで、 $g(\cdot) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \varepsilon_{j,t} \cdot h(z_j, t, x_j, t)$  である。

次に保有モデルに関して、式(1)を参考に、保有台数に、自動車税とガソリン価格がどのように影響するかを推計する。説明変数として、年間自動車保有税(自動車税+重量税)、燃費(円/リッター、yen-per-kilometer)を用いる。コントロール変数としては、次の8つを用いる: 車齢(2-11年)、車ブランド内のモデルの数、ブランドにおけるガソリン車と四輪駆動、マニュアル車(MT)、フロアシフト(シフトレバー)の各割合、車体の長さ(メートル)と馬力(PS)。これら説明変数のほかに、都道府県、ブランド、年のそれぞれのダミー変数を加える。

データは自動車検査登録情報協会の都道府県レベルの自動車登録データで、新車は1998年から2014年まで、保有は2008年から2013年までを利用する。諸元表データは、カーセンサーラボのデータから用いる。

#### 4. 研究成果

(1) 主な成果としては、自動車保有(普通乗用、小型乗用、小型四輪貨物)に対し、所得と人口密度は正の相関、車齢、消費者物価指数、ガソリン価格、平均世帯サイズ、人口、列車・バス使用は負の相関、純移動率と高齢者割合はあいまいな相関が見られた。

車種の中で最も重要なカテゴリの1つは、一般的な乗用車であるため、主に普通乗用と小型乗用、小型四輪貨物に焦点を当て、結果を要約する。まず、日本では長期的要因(I)が強いことが示された。長期効果は、車齢2-11年と12年でそれぞれが10と5.56であった。これは日本の消費者が自動車所有に関する控えめな行動を取っている可能性を示唆している。また、年齢(1年)の保有台数に対する半弾力性は約-7%であった。この値は自動車所有に流出として一定の影響を与えることを示す。

経済的要因(II)については、先行研究よりもあまり強くない結果が得られた。収入の弾力性は、先行研究(Goodwin et al., 2004)よりも比較的小さい傾向がある(短期的には

0.1未満)。しかし、普通乗用車の弾力性は先行研究と似ており、車齢 2-11 年で長期的には 0.766 であった。一方、燃料価格の弾力性は、車齢 12 年以上の場合にのみ有意に負であった。

人口増加の自然的要因(III)に関しては、直観に反し、人口と平均世帯サイズは負の傾向にある。この結果は、Ritter and Vance (2013)と Whelan(2007)の結果と似ており、ドイツとイギリスの自動車所有がそれぞれ増加すると予測している。しかし、人口の弾力性は車の種類によって差異がある。普通の乗用車では-0.4 から-0.6、小型乗用車では-0.2 (2-11 年)、小型四輪貨物では統計的に有意でない。一方、世帯規模(人)の半弾力性は車の種類であまり変わらず、およそ-0.2 から-0.3 である。さらに、高齢者の割合は、多くの研究(Ritter and Vance, 2013; Sun et al., 2014)のように、車種によって様々な影響を及ぼすことが示された。

人口増加の社会的要因(IV)に関しては、地方(田舎)が都市部よりも多くの車を所有する傾向があることが多くの研究で示されているが(Matias and Raymond, 2008)社会的増加の自動車保有への影響は複雑である。一般的な傾向として、車の保有は、都道府県内の人口の集中(DID 率)によって奨励されることが示された。一方で、都道府県間の人口移動(純移動率)は、より人気のある都道府県では比較的新しい自動車(2 から 11 年)を所有し、古い車(12 年以上)を持たない傾向があることを示唆している。

他の交通要因(V)に関しては、Matias and Raymond (2008)のように列車とバス使用の多さは自動車保有と負の関係にある傾向がある。この結果は直感的で、公共交通機関の発達が自動車所有量を減少させることを示している。しかし、Dargay and Vythoulkas (1999)のように列車やバスの車の所有権の弾力性はかなり小さく、列車とバスの弾力性は長期的に見るとおおよそ-0.1 と-0.15 である。

(2)自動車購入モデルでは、1998 年から 2014 年までの(市場シェアに対する)価格弾力性の平均値は、最小二乗法(OLS)と二段階最小二乗法(2SLS)、DFS 法でそれぞれ-1.4、-0.9、-1.7 であった。平均弾力性は、OLS および 2SLS では、2013 年に 2 番目に高く(-2.4、-2.0)、DFS (-2.9)では 2012 年に 4 番目に高い。これは、エコカー減税(2009 年)が 5 年目まで徐々に価格弾力性を高めたことを示している。一方で、(市場シェアに対する)平均燃費弾力性は、OLS、2SLS、DFS 推定でそれぞれ-2.3、-2.4、-2.4 であった。平均弾力性が比較的高い年は、2002 年(-3.0、-2.9、-3.5)と 2010 年(-4.1、-4.0、-4.0)である。したがって、グリーン化税制(2001 年)とエコカー減税(2009 年)を実施してから 2 年目は、燃費に対する弾力性の向上に最も大きな影

響を与えることが示された。しかし、この影響は 2 年目以降急速に消え、5 年目には実施前よりも減少することが示された。

自動車保有モデルについては、保有税の(保有台数に対する)弾力性は、2008 年には-1.142、2013 年には-0.057 であった。長期的には、弾力性は 2008 年に-17.061、2013 年には正の値で 6.681 となった。一方、燃費弾力性は静的モデルでは-1.533 と-0.733 であり、長期的な影響では-5.250 と-13.404 であった。これは、エコカー減税(2009 年)の実施後、日本の自動車市場では、保有税への弾力性が低下し、一方で燃費に対し消費者が敏感になったことを示した。

#### <引用文献>

- Bento, A. M., Goulder, L. H., Jacobsen, M. R., & Von Haefen, R. H. (2009). Distributional and efficiency impacts of increased US gasoline taxes. *American Economic Review*, 99, 667-699.
- Berry, S., Levinsohn, J., & Pakes, A. (1995). Automobile Prices in Market Equilibrium. *Econometrica*, 63(4), 841-890.
- Dargay, J. M., & Vythoulkas, P. C. (1999). Estimation of a Dynamic Car Ownership Model Approach. *Journal of Transport Economics and Policy*, 33(3), 287-301.
- Dubé, J.-P., Fox, J. T., & Su, C.-L. (2012). Improving the Numerical Performance of Static and Dynamic Aggregate Discrete Choice Random Coefficients Demand Estimation. *Econometrica*, 80(5), 2231-2267.
- Goodwin, P., Dargay, J., & Hanly, M. (2004). Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review. *Transport Reviews*, 24(3), 275-292.
- Hayashi, Y., Kato, H., & Teodoro, R. V. R. (2001). A model system for the assessment of the effects of car and fuel green taxes on CO2 emission. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(2), 123-139.
- Knittel, C. R. (2012). Reducing Petroleum Consumption from Transportation. *Journal of Economic Perspectives*, 26(1), 93-118.
- Li, S., Timmins, C., & von Haefen, R. H. (2009). How Do Gasoline Prices Affect Fleet Fuel Economy? *American Economic Journal: Economic Policy*, 1, 113-137.
- Matias, A., & Raymond, J.-L. (2008). Changes in the structure of car

ownership in Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(1), 187-202.

Ritter, N., & Vance, C. (2013). Do fewer people mean fewer cars? Population decline and car ownership in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 50, 74-85.

Sun, Y., Susilo, Y. O., Waygood, E. O. D., & Wang, D. (2014). Detangling the impacts of age, residential locations and household lifecycle in car usage and ownership in the Osaka metropolitan area, Japan. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 15(7), 517-528.

Whelan, G. (2007). Modelling car ownership in Great Britain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(3), 205-219.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

Yagi, M., Managi, S., Demographic determinants of car ownership in Japan, *Transport Policy*, Vol. 50, 2016, pp.37-53.

DOI: 10.1016/j.tranpol.2016.05.011

〔学会発表〕(計 2件)

八木 迪幸, 馬奈木俊介, Demand elasticity in automobile industry in Japan, 環境経済・政策学会 2016年大会, 青山学院大学, 2016年9月.

八木 迪幸, 馬奈木俊介, Demographic determinants of aged car ownership between 1980 and 2009 in Japan, 環境経済・政策学会 2015年大会, 京都大学, 2015年9月.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕(計 0件)

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

八木 迪幸 (YAGI, Michiyuki)

神戸大学・社会システムイノベーションセンター・特命准教授

研究者番号: 50708550