

平成 21 年 5 月 21 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19710044

研究課題名（和文） 乗用車の買い替え行動の環境経済分析

研究課題名（英文） The Economic and Environmental Consequences of Automobile Replacement Behavior

研究代表者

加河 茂美（KAGAWA SHIGEMI）

九州大学・大学院経済学研究院・准教授

研究者番号：20353534

研究成果の概要：本研究では、乗用車の買い替えモデルと産業連関モデルを用いた社会会計モデルの開発を行い、乗用車の長期使用に伴う消費変動が乗用車製造起源のエネルギー消費量、乗用車使用起源のエネルギー消費量、家計所得にどのような影響を与えるのか分析した。分析の結果、例え新車自体の燃費が向上していたとしても、消費者の乗り替え傾向を反映して、乗用車の長期使用よりも乗用車の新規買い替えの方が環境にとって悪いことがあり得ることを経験的に明らかにした。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	700,000	0	700,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,400,000	210,000	1,610,000

研究分野：環境経済学、経済統計学

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：環境経済

## 1. 研究開始当初の背景

京都議定書を遵守するためには、急速な増加傾向をたどる民生部門のエネルギー消費量、炭酸ガス排出量を抑制してことが必要不可欠である。特に、我々の生活になくはならない乗用車の利用のあり方を定量的に議論することは、地球温暖化政策を立案する上で重要な知見を与えるものと期待する。本研究では、乗用車利用に関する消費者の行動変化が経済と環境にどのような影響を与えるのか議論する。具体的には、乗用車の使用年

数の変化ならびに買い替え行動の変化に着目して分析を進める。

乗用車の使用年数が延びると一般的に新規登録台数は減少するので経済にとってはマイナスの影響を与えるが、乗用車生産に必要なエネルギーも同時に減少するので環境にとってはプラスの影響を与える。また、使用年数が延び、新車と比べて相対的に燃費の悪い車が乗り続けられると、民生部門でのエネルギー消費量は増加するので環境にとっては逆にマイナスの影響を与える可能性

がある。もちろん、この民生部門のエネルギー消費量は走行距離の変化に大きな影響を受ける。使用年数延長によって消費者は乗用車を購入しなくて済むため、結果的に消費者の予算制約のもと他の財・サービスの購入を刺激することにつながり、その財・サービスの生産に必要なエネルギー消費量が増加することになる。このような複雑なメカニズムを通して、乗用車に関する行動変化が環境と経済に影響を与える。

Kagawa et al.(2006)では、ワイブル分布関数を用いた乗用車の買い替えモデルと産業連関モデルを用いた多部門計量モデルの統合を行い、乗用車の長期使用(使用年数の増加)に伴う消費変動(買替台数の減少、消費のリバウンド)が我が国の経済循環を経て、産出額、雇用額、乗用車製造起源のエネルギー消費量、廃棄乗用車起源のASR埋立量、乗用車製造起源の産業廃棄物埋立量にどのような影響を与えるのか分析した。しかしながら、データの制約上、乗用車の車種の違い、買い替え行為の動き、乗用車の燃費向上による影響については深く分析することができなかった。

## 2. 研究の目的

以上の研究背景を踏まえ、本研究では、Kagawa et al.(2006)が提案した多部門計量モデルの拡張を行い、車種別の使用年数の変化(新車普及台数の増減)、買い替え行動の変化(例えば、普通車から軽自動車への買い替え)、保有状況の変化(買い替えしない場合の継続保有)、車種別の燃費効率の動きが経済と環境にどのような影響を及ぼすのか定量的に分析し、乗用車に関する行動変化の重要性について議論することを目的とする。本研究の分析の枠組みは図1に示すとおりである。

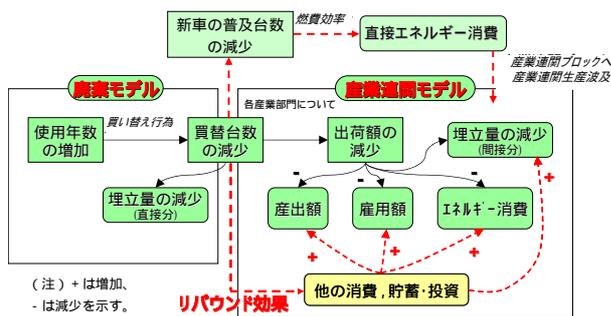


図1. 分析の枠組み

## 3. 研究の方法

使用年数分布にワイブル分布を適用した田崎ら(2001)の廃棄モデルを応用して、乗用車買い替えモデルを提案した。まず、新規登録された車格  $k$  の乗用車の  $y$  年後の累積処分率  $L_k(y)$  は使用年数  $y(0 \leq y < \infty)$  に関する関

数として(1)式のように表すことができる。

$$L_k(y) = 1 - \exp\left(-\frac{y\beta_k}{\alpha_k}\right)$$

$$\text{with } \bar{y}_k = (\alpha_k)^{1/\beta_k} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta_k}\right) \quad (1)$$

ここで、 $\bar{y}_k$  は車格  $k$  の乗用車の平均使用年数、 $\alpha_k$  は車格  $k$  の使用年数分布のスケールパラメータ、 $\beta_k$  は分布の幅の狭さを示す形状パラメータである。 $\Gamma$  はガンマ関数を表している。このとき、 $1 - L_k(y)$  が  $y$  年期末の乗用車の残存割合を示すので、新規登録された乗用車のうち、 $y-1$  年期末から  $y$  年期末の間に処分される割合  $l_k(y)$  を(2)式のように求めることができる。

$$l_k(y) = L_k(y) - L_k(y-1) \quad (2)$$

このとき、 $t$  年以前の  $r_t$  年前に新規登録された乗用車のうち  $t$  年に処分される乗用車の総台数は、

$$D_t = \sum_{k=1}^n \sum_{y=1}^{r_t} c_k^{t-y} l_k^{t-y}(y; \alpha_k^{t-y}, \beta_k^{t-y}) \quad (3)$$

となる。ここで、 $c_k^{t-y}$  は  $t-y$  年に新規登録された車格  $k$  の乗用車の総台数であり、 $l_k^{t-y}(y; \alpha_k^{t-y}, \beta_k^{t-y})$  はその乗用車が  $y$  年に処分される割合を示している。(3)式で求まる量はあくまでも乗用車のフロー量である。 $n$  は車格  $k$  の数である。

次に、ストック量としての乗用車の保有台数について考える。 $y$  年期末の車格  $k$  の乗用車の残存割合が  $1 - L_k(y)$  として求まることを思いだすと、 $t$  年以前に新規登録された乗用車のうち、 $t$  年期末まで保有され続けている総台数は、

$$K_{tk} = \sum_{y=0}^t c_{t-y,k} (1 - L_{t-y,k}(y)) \quad (4)$$

として求めることができる。ここで、 $L_{t-y,k}(y)$  は  $t-y$  年に新規登録された車格  $k$  の累積処分率であり、 $1 - L_{t-y,k}(y)$  はその残存率(保有率)を示している。 $t-1$  年期末の保有台数と  $t$  年期末の保有台数には以下の関係が成立しなければいけない。

$$K_{tk} = K_{t-1,k} - D_{tk} + c_{tk} \quad (5)$$

(5)式は、 $t$  年期末の保有台数は  $t-1$  年期末の保有台数から  $t$  年以前に登録され  $t$  年に処分された台数を差し引いたものに、 $t$  年の新規登録台数を足し合わせたものに等しくなければならない。本研究では、使用年数分布の変化に伴って動く車格  $k$  の乗用車の処分台数  $D_{tk}$  の総和  $D_t$  が  $t$  期における乗用車の総購入台数に直接結びつき、消費者は車格別の購入実績比率にもとづき新車を購入するものと想定し、(5)式が成立するように繰り返し計算を行うことによって、使用年数分布の変化に

伴う車格別新規購入台数  $C_{ik}$  と車格別保有台数  $K_{ik}$  の推計値を求めた。

新規購入台数はそのまま新車の国内出荷台数に結びつくため、産業連関表における最終需要として見なすことが出来る。今、 $t$  年における車格別の生産者価格を  $p_{tk}$  とすると、乗用車の需要総額は

$$f_{t,auto} = \sum_{k=1}^n p_{tk} \gamma_{tk} D_t \quad (6)$$

となる。ここで、 $\gamma_{tk}$  は  $t$  年における消費者の車格  $k$  の新車の平均新規購入比率を示すパラメータであり、このパラメータに購入総台数を乗じることによって車格  $k$  の最終需要額  $f_{t,auto}$  を求めることができる。Kagawa et al.(2006)のように、この需要額の変動が比例的に商業マージンと運輸マージンに影響を与えるものとする、乗用車購入に関する最終需要ベクトルは、下式(7)のように定式化することができる。

$$\mathbf{F}_{t,auto} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ f_{t,auto} \\ f_{t,auto} \boldsymbol{\omega}_{t,com} \\ f_{t,auto} \boldsymbol{\omega}_{t,tran} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

ここで、 $\boldsymbol{\omega}_{t,com} = (\omega_{t,com})_i$  と  $\boldsymbol{\omega}_{t,tran} = (\omega_{t,tran})_i$  は、それぞれ、乗用車の最終需要 1 単位(100 万円相当)あたり必要とされる商業サービス  $i$  (卸売、小売)と輸送サービス  $i$  (道路貨物輸送、外洋輸送、沿海・内水面輸送、港湾運送、航空輸送、貨物運送取扱、倉庫、こん包、道路輸送施設提供)の需要額を成分に持つベクトルを表している。

Kagawa et al.(2006)との重要な違いは、年式別の保有台数の変化が最終需要部門におけるエネルギー消費量に直接影響を与えるというメカニズムを明確に取り込んでいる点である。本研究では、下式(8)に車格別 10・15 燃費平均 (km/リットル) ならびに車格別車種別年間平均走行距離の時系列データを適用して、使用年数分布の変化が直接的なエネルギー消費量にどのような影響を与えているのか求めた。

$$f_{t,fuel} = \sum_{k=1}^n \frac{d_{tk} C_k^t}{e_k^t} + \sum_{k=1}^n \sum_{y=1}^{t-1} \frac{d_{tk} K_{tk}^{t-y}}{e_k^{t-y}} \quad (8)$$

ここで、 $d_{tk}$  は、 $t$  年における車格  $k$  の年間平均走行距離 (km) を、 $e_k^{t-y}$  は車格  $k$  の  $t-y$  年式の燃費 (km/l) を表している。本研究では、この物量ベース (リットル) の燃料消費量を換算係数を用いて、熱量ベース (ギガ・ジュール) に変換している。(7)式と同様に、この燃料消費には、商業サービスと輸送サービスが必要となるので、この燃料の最終需要 1 単

位(1 ギガ・ジュール相当)あたり必要とされる商業サービス  $i$  (卸売、小売)と輸送サービス  $i$  (道路貨物輸送、外洋輸送、沿海・内水面輸送、港湾運送、航空輸送、貨物運送取扱、倉庫、こん包、道路輸送施設提供)の需要額を成分に持つベクトルをそれぞれ、 $\boldsymbol{\Psi}_{t,com}$ 、 $\boldsymbol{\Psi}_{t,tran}$  として求めることにより、下式(9)に示す燃料購入に関する最終需要ベクトルを求めた。

$$\mathbf{F}_{t,fuel} = \begin{bmatrix} f_{t,fuel} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ f_{t,fuel} \boldsymbol{\Psi}_{t,com} \\ f_{t,fuel} \boldsymbol{\Psi}_{t,tran} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

このとき、この乗用車購入、燃料購入に関する最終需要によって直接間接的に誘発されるエネルギー消費量は以下のように推計することができる。

$$e_t = s'(\mathbf{E} - \mathbf{A}_t)^{-1} (\mathbf{F}_{t,auto} + \mathbf{F}_{t,fuel}) = s' \underbrace{\mathbf{L}_t \mathbf{F}_{t,auto}}_{e_{t,auto}} + s' \underbrace{\mathbf{L}_t \mathbf{F}_{t,fuel}}_{e_{t,fuel}} \quad (10)$$

ここで、 $\mathbf{L}_t := (\mathbf{E} - \mathbf{A}_t)^{-1}$  はレオンチェフ逆行列であり、 $s'$  は 1 次エネルギー部門に相当する要素が 1 であり、その他の部門は 0 である合算行ベクトルを表している。(10)の右辺第一項が新車の購入に伴って誘発するエネルギー消費量を表しており、第二項が燃料の購入に伴って誘発するエネルギー消費量を表している。

このとき、平均使用年数が延び、燃費の悪い車が乗り続けられている状況下では、また燃費の良い車から悪い車へ買い替えが進むのでエネルギー消費量が増加する一方で、新車の出荷台数が減少するため、新車生産起源のエネルギー消費量が減少する可能性がある。これを数学的に言えば、下式(11)、(12)のように定式化することができる。

$$\frac{\partial e_{t,auto}}{\partial y_k^{t-y}} < 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial e_{t,fuel}}{\partial y_k^{t-y}} > 0 \quad (12)$$

#### 4. 研究成果

##### (1) 基本データ

本研究で用いた基本データは以下の通りである。

車種別諸元値 (税抜販売価格平均、10・15 燃費平均) の時系列データ：カーセンサーラボホームページからのデータを利用)

年間平均走行距離の時系列データ：自動車

## 輸送統計年報

車格ごとの年間走行量の比率の時系列データ (Kudoh, Y., Kondo, Y., Matsuhashi, K., Kobayashi, S. and Moriguchi, Y.: "Current status of actual fuel consumption of petrol fuelled passenger vehicles in Japan", *Applied Energy*, Vol.79/3, pp.291-308, November 2004.)

乗用車保有台数の時系列データ:(財)自動車検査登録協会「我が国の自動車保有動向」各年版

車格別新規登録台数・販売台数の時系列データ:

・普通車と小型車:(財)自動車検査登録協会「我が国の自動車保有動向」各年版

・軽自動車:軽自動車検査協会データ

環境分析用 接続産業連関表 (1990-1995-2000、395部門表)

## (2)分析結果

本研究では、軽乗用車、小型乗用車、普通乗用車の3車種を研究対象とし、それぞれの長寿命化が環境と経済に与える影響を明らかにした。図2~4は、この3車種の1990年から2000年における平均使用年数(推計されたワイブル分布関数からの推計値)の動きを示したものである。これらのベースケースの結果から、3車種ともこの10年間に平均使用年数が着実に伸びていることが分かる。そこで、この10年間に更に平均使用年数が伸びた場合に環境と経済にどのように影響を与えるのかシナリオ分析してみたい。例えば、図2~4に示す、“+1.0年ケース”とは10年間に1年ほど時間に対して比例的に平均使用年数が伸びた場合を示している。

式(11)に示すように、平均使用年数が延びると、新車の出荷台数が減少するため、乗用車生産起源、乗用車購入に付随する商業サービス、運輸サービスの需要起源のエネルギー消費量が減少することになる。1990年から2000年間に平均使用年数を比例的に伸ばした場合におけるエネルギー消費量の動きを捉えた結果が図5である。図5から、10年で+1.0年ほど使用年数を伸ばすことによって、乗用車購入起源のエネルギー必要量を12.6%下げることができると分かった。また興味深い点は、消費者は平均使用年数を延ばすことによって、新車を買う必要がなくなったため、+1.0年使用年数が延びると、2000年時点で1.2兆円ほどお金が自由に使えるという点である。

問題は、使用年数を延ばした結果、古い相対的に燃費の悪い車が世の中により多く存在し、環境に悪影響を与えかねないという点である。図6は、平均使用年数の変化と燃料購入・使用起源のエネルギー消費量との関係を示したものであるが、これまた、大変興味深いことに、10年で+1.0年ほど使用年数を

伸ばすことによって、燃料購入起源のエネルギー必要量を0.3%引き下げる効果があることが分かった。この主な理由は、近年の買い替え傾向(小型乗用車から普通乗用車への乗りかえ)を反映して、相対的に燃費の悪い普通乗用車への新規乗りかえに歯止めがかかっているためである。これによって、2000年時点で100億円ほど自由に使えることになる。乗用車購入に伴うエネルギー低減分も含めると、エネルギー消費量を合計で2.1%引き下げる効果を持つことになる。

次に重要になってくるのが、自由に使えるようになったお金がどこに流れるのかという問題である。本研究では、この余ったお金が全て貯蓄を通して固定資本形成に流れると想定して、この固定資本形成起源のエネルギー消費量(直接リバウンド効果)を、先の乗用車購入、燃料購入・使用起源のエネルギー消費量に足し合わせることによって、乗用車の長寿命化に伴う社会全体のエネルギー消費量を推計した。結論から先に述べると、固定資本形成起源のリバウンド効果を含めたとしても、10年で+1.0年ほど使用年数を伸ばすことによって、内包型エネルギー必要量を合計で0.4%引き下げる効果を持つことが判明した。この本研究結果は、少なくとも、ガソリン車に関しては、ユーザーが乗用車をより大事に使うというのは省エネにつながっていたということを示している。

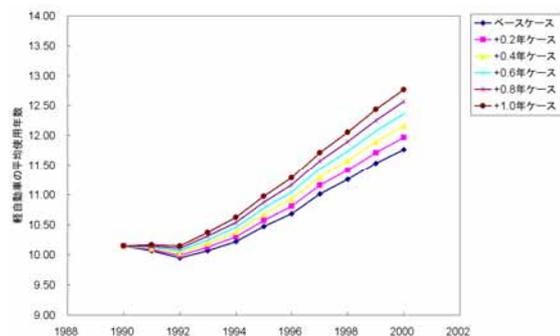


図2.軽乗用車の平均使用年数

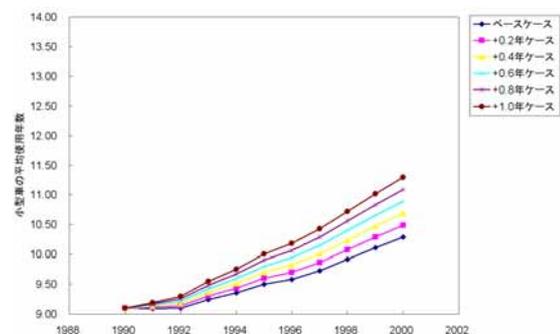


図3.小型乗用車の平均使用年数

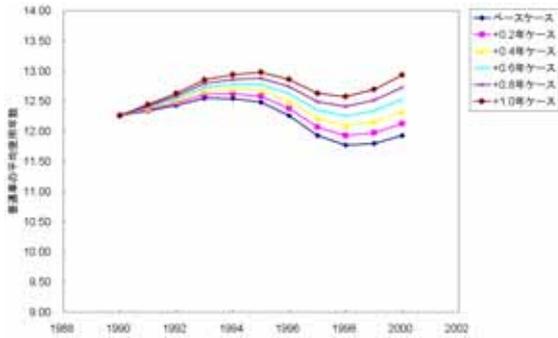
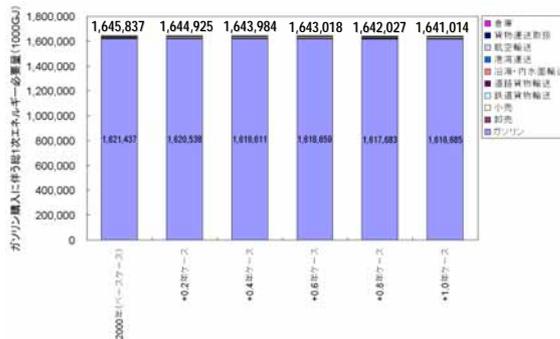


図 4. 普通乗用車の平均使用年数



予算： 9.9兆円 9.6兆円 9.4兆円 9.1兆円 8.9兆円 8.7兆円

図 5. 平均使用年数の変化と乗用車購入起源のエネルギー消費量との関係



予算： 3.802 3.800 3.798 3.796 3.794 3.792 兆円

図 6. 平均使用年数の変化と燃料購入・使用起源のエネルギー消費量との関係



図 7. 平均使用年数の変化と社会全体のエネルギー消費量との関係

## 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2件)

Kagawa, S., Kudoh, Y., Nansai, K. and Tasaki, T., "The Economic and Environmental Consequences of Automobile Lifetime Extension and Fuel Economy Improvement: Japan's Case," *Economic Systems Research*, vol.20, no.1, pp.3-28, 2008. (査読有り)

Kagawa, S., Nansai, K. and Kudoh, Y., "Does Product Lifetime Extension Increase Our Income at the Expense of Energy Consumption?," *Energy Economics*, vol.31, no.2, pp. 197-210, 2009. (査読有り)

[学会発表](計4件)

加河茂美、南斉規介、工藤祐揮「乗用車の買い替え行動が環境と経済に与える影響」『第4回日本LCA学会研究発表会』、2009年3月7日、北九州。

加河茂美、南斉規介、工藤祐揮「乗用車の長期使用は所得増加をもたらすか?」『環太平洋産業連関分析学会第18回(2007年度)大会』、2007年11月10日、名古屋。

Kagawa, S., Kudoh, Y. and Tasaki, T., "Economic and Environmental Consequences of the Automobile Lifetime Change and Fuel Economy Improvement," 16th International Input-output Conference, July 6<sup>th</sup>, 2007, Istanbul.

加河茂美、工藤祐揮、南斉規介、田崎智宏「乗用車使用年数・買い替え行動に着目した比較静学ライフサイクルエネルギー分析」『2007年度応用経済学会春季大会』、2007年6月9日、長崎。

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

加河 茂美 (KAGAWA SHIGEMI)

九州大学・大学院経済学研究院・准教授

研究者番号：20353534

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：