

自動車外部不経済削減政策の動学的便益帰着分析*

*Dynamic Benefit Incidence Analysis of the Regulatory Policies on External Diseconomies caused by Automobiles**

酒井祐輝**, 武藤慎一***, 高木朗義****

By Yuki SAKAI**, Shinichi MUTOI***, Akiyoshi TAKAGI****

1. 背景・目的

地球温暖化をはじめとする環境問題への関心の高まりを受けて、自動車交通が発生させている環境負荷に対する批判が強まっている。特に、自動車交通は混雑や交通事故等のいわゆる外部不経済問題も発生させているため、自動車交通をいかに抑制していくかという課題への対策が急務となっている。これに対し、筆者らは、自動車交通の抑制政策が社会経済に及ぼす影響を分析した上で総合的に外部不経済削減政策の効果を評価することを目的に動学的応用一般均衡(Dynamic Computable General Equilibrium; DCGE)モデルの開発を行った¹⁾。さらに最適な政策過程の導出を行うため、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm; GA)を組み合わせた政策評価の方法を提案している²⁾。

本研究は、それら一連の研究を受けて、特に自動車燃料税増徴策と自動車重量税増徴策が自動車トリップ消費の抑制という面で発生させる効果と影響を比較分析した上で、それらを組み合わせた最適な政策過程の導出を試みるものである。燃料税増徴策と重量税増徴策が社会経済に与える影響の違いについては2章にて示すが、それらはそれぞれ自動車の利用面に影響を与えるか、保有面への影響を介して利用に影響を与えるかの違いがあり、結果としてどちらが効率的であるのか、あるいはそれらをどのように組み合わせれば最も効果が出るのかを検討することが必要である。それらを明らかにした上で本研究では最終的に、最適な政策の組み合わせに関し、各税率の数値変化として政策過程の提示を行うことを目的とする。

2. 燃料税増徴策と重量税増徴策の効果の違い

自動車燃料税増徴策と自動車重量税増徴策との違いについては、前者が短期的な効果、影響にとどまるのに対し、後者は長期的な効果、影響を発揮すると考えることができる。

まず、自動車燃料税は、文字通り自動車の燃料すなわちガソリンや軽油に賦課されるものであり、自動車を利用する段階で賦課される税と考えられる。これに対し、自動車重量税とは、自動車を保有することに対して課せられる税であり、自動車の購入を諦めたり、手放したりする効果があり、長期的には自動車台数の伸びの抑制効果を生むと考えられる。すなわち、自動車重量税増徴策は、ある時点での自動車保有に対する賦課であっても、自動車台数の時系列的な変化への影響を介して長期的な効果を生じさせると考えられる。一方、自動車燃料税増徴策も多少は自動車の保有に影響を与えるが、それは微小であるとした場合、燃料税増徴策の影響は市場メカニズムを介して波及する短期的な部分にとどまるといえる。すなわち、その効果、影響は、静学システムによるものと全く変わらないと考えられる。本研究では、重量税増徴策と燃料税増徴策の効果の違いを比較するため、動学モデルを用いた分析を試みるものである。

3. 動学的応用一般均衡モデルの構造

自動車燃料税増徴策と自動車重量税増徴策との効果の違いをモデルを通して明らかにするため、まず筆者らが構築した動学的応用一般均衡モデルを提示する。しかし、動学的応用一般均衡モデルのフレーム自体は既往研究¹⁾のものと同じであることと、ここではひとまず家計に着目して、その自動車トリップ消費における燃料税増徴策、重量税増徴策の効果の違いを明らかにすることを前提とすることの二点の理由から、モデルの全体構成については概要を示すにとどめ、家計の

*キーワード：環境計画，地球環境問題，計画手法論。

**学生員 岐阜大学大学院 博士前期課程

(岐阜市柳戸1-1, TEL: 058-293-2447, FAX: 058-230-1248)

***正会員 博(工) 岐阜大学助手 工学部 土木工学科

****正会員 博(工) 岐阜大学講師 工学部 土木工学科

自動車トリップ消費行動についてのみ定式化を示す。なお、本研究で焦点を当てている部分をより明確に示すため、ここでは既往モデルを若干簡単化している点には注意が必要である。

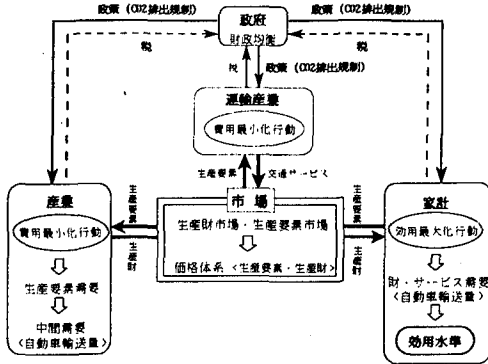


図1 各経済主体の相互関係

(1) モデルの全体フレーム

まず、モデルの全体フレームは図1のとおりである。このうち、産業は生産技術制約の下で費用を最小化するように生産財の生産を行うと考える。家計は、所得と時間制約の下で、各期毎に定義される効用を最大化するように各財の消費を決定するものとする。これらの行動モデルは、図2, 3に示すように多段階の最適問題として定式化されている。なお、次期の資本ストック蓄積を決定する家計貯蓄については、近視眼的仮定の下で投資の収益率を判断指標として家計が決定するものとする。次節にて、図2の中の第三段階以降、特に交通トリップ消費行動モデル(図3)の定式化を示す。

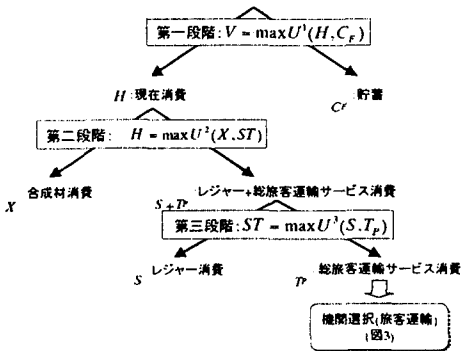


図2 家計の行動モデル

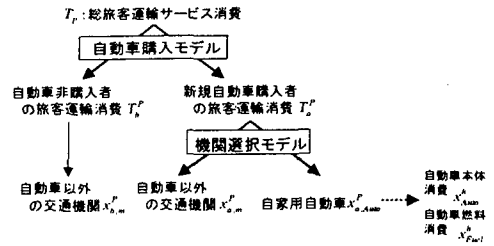


図3 旅客運輸サービス消費行動モデル

(2) 家計の交通トリップ消費行動モデル

家計交通トリップ消費の行動モデルは Nested Logit Model の枠組みを用いて定式化されている。すなわち、上位レベルでは自動車を保有していない家計の自動車新規購入行動が定式化され、その下位レベルでは、自動車を購入した家計を含む自動車保有家計と非自動車保有家計それぞれに対する交通機関選択行動が定式化される。

自動車新規購入行動からは、自動車の新規購入台数が求められ、これが自動車台数の蓄積の源泉となる。また、交通機関選択行動からは、自動車トリップ消費量が導出されるが、これは自動車を保有していることが前提となるため、自動車保有台数に依存すると考えられる。また、自動車トリップを消費するためには、自動車燃料が必要となると考え、その消費水準にも自動車トリップ消費は依存することになる。

以上の結果、図2, 3の第三段階の行動と交通トリップ消費行動を同時に表現すると以下のような効用最大化行動モデルとして記述することが可能である。

$$V^i = \max_{x_S^i, x_F^i, x_A^i, x_M^i} U^i \left[x_S^i, x_M^i, x_A^i \left\{ N_V^i \left(N_V^{i-1}(\cdot), x_V^i \right), x_F^i \right\}, r^i \left\{ x_A^i \right\} \right] \quad (1.a)$$

$$\text{s.t. } p_L^i x_S^i + p_V^i x_V^i + p_F^i x_F^i + p_M^i x_M^i = p_L^i \Omega + p_K^i K^i + \pi_V^i + \pi_F^i + \pi_M^i \quad (1.b)$$

$$\Omega = L_S^i + x_S^i \quad (1.c)$$

ただし、添字 i : 1期を表す、 U^i : 直接効用関数、 x_S^i : 余暇消費、 x_V^i : 新規自動車購入量、 x_F^i : 自動車燃料消費、 x_M^i : 非自動車交通(鉄道、バス等)トリップ消費、 x_A^i : 自動車トリップ消費、 N_V^i : 自動車台数(ストック変数)、 r^i : 外部不経済レベル、 Ω : 総利用可能時間、 K^i : 資本ストック、 π_V^i : 自動車製造産業の利潤、 π_F^i : 自動車燃料製造産業の利潤、 π_M^i : 非自動車交通産業の利潤、 L_S^i : 労働供給量、 p_L^i : 賃金率、 p_V^i : 自動車本体価格、 p_F^i : 自動車燃料価格、 p_M^i : 非自動車交通価格、 V^i : 間接効用関数。

式(1.a)の効用関数はモデルの構造を示すため、内生変数相互の関係を詳しく示している。すなわち、まず効用関数 U^t は各消費財 $\{x'_S, x'_V, x'_F, x'_M, x'_A, r^t\}$ の関数として表されており、このうち自動車トリップ消費 x'_A は、総自動車保有台数と燃料消費水準 $\{N'_V, x'_F\}$ に依存している形である。さらに、保有台数 N'_V は一期前 $t-1$ 期の保有台数と t 期の新規自動車購入量 $\{N'_{V^{t-1}}, x'_{V^t}\}$ の関数として表され、さらにこの保有台数 $N'_{V^{t-1}}$ は、その一期前 $t-2$ 期の保有台数と $t-1$ 期の新規自動車購入量の関数として表される。これが初期時点まで続くこととなる。これは、ある時点での自動車保有台数というものは、その時点の変数のみに影響を受けるのではなく、それ以前の全ての時点での新規自動車購入量に依存して決定されることを表している。最後に外部不経済レベル r^t は、自動車トリップ消費すなわち自動車輸送量の関数として表される。

式(1)を解くことにより間接効用関数を導く。

$$V^t = V^t \left(p'_L, p'_M, x'_A \left[N'_{V^t} \left\{ p'_V, \dots, (1+\rho)^{t-1} p'_V, \dots \right\}, p'_F \right], I^t, r^t \left[x'_A \right] \right) \quad (2)$$

ここで、 $x'_A[\cdot]$ に関しては、自動車保有台数 N'_V と燃料価格が影響することを直接表現した。そして t 期の保有台数は、それ以前の全ての期の自動車本体価格に依存して決定されていることがわかる。なお、 t 期以前の自動車本体価格は、 t 期における価値を考えるため、割り増された形で導出されている。また、 I^t は総所得を表している。

4. 両税増徴策の動学的便益帰着分析

3章で構築したモデルを用いて、燃料税増徴策と重量税増徴策の効果の違いを便益帰着分析より明らかにする。ここでは、ある対象時点 t において外部不経済レベル r^t が両政策で同一水準となるように、両政策の税率を設定するものとする。外部不経済レベル r^t が自動車トリップ消費 x'_A の関数であることを考えると、結局は時点 t での x'_A の削減量が同一となればよい。この時の各政策が社会経済に及ぼす負の影響について分析を行う。

まず、両税政策の比較分析に入る前に、式(2)を全微分することにより、効用水準を微小に変化させる要因を明らかにする。包絡線の定理を利用すると式(2)の全微分形は以下のように求められる。

$$dV^t = \frac{\partial V^t}{\partial I^t} \left[-x'_S dp'_L - x'_M dp'_M \right.$$

$$+ \sum_{i=0}^t \frac{\partial I^t}{\partial x'_A} \frac{\partial x'_A}{\partial N'_V} \frac{\partial N'_V}{\partial N'_{V^{t-1}}} \dots \frac{\partial N'_V}{\partial x'_V} \frac{\partial x'_V}{\partial \{(1+\rho)^{t-1} p'_V\}} d \left\{ (1+\rho)^{t-1} p'_V \right\} \\ + \frac{\partial I^t}{\partial x'_A} \frac{\partial x'_A}{\partial x'_F} \frac{\partial x'_F}{\partial p'_F} dp'_F + dI^t + \frac{\partial I^t}{\partial r^t} \frac{\partial r^t}{\partial x'_A} dx'_A \quad (3.a) \\ = \frac{\partial V^t}{\partial I^t} \left(-x'_S dp'_L - x'_M dp'_M + \sum_{i=0}^t \left[-x'_V d \left\{ (1+\rho)^{t-1} p'_V \right\} \right] \right. \\ \left. - x'_F dp'_F + dI^t + \frac{\partial I^t}{\partial r^t} \frac{\partial r^t}{\partial x'_A} dx'_A \right) \quad (3.a)$$

(1) 自動車燃料税増徴策

t 期の自動車トリップ消費量を dx'_A だけ減少させる自動車燃料税増徴策を考える。これは、式(2)より t 期の自動車燃料価格 p'_F に税を賦課することが唯一の手段であることがわかる。その時の燃料税を ω'_F とし、また、燃料税増徴策の実施では自動車保有台数は変化しないものとする。以上より、便益を等価的偏差EVの概念を用いて定義すると、以下のようにEVが計測される。

$$EV'_F = \int_{A-B} \frac{\partial e^t}{\partial V^t} \frac{\partial V^t}{\partial I^t} \left[\omega'_F dx'_A + \frac{\partial I^t}{\partial r^t} dr^t \right] \quad (4)$$

既に述べたが、燃料税増徴策の効果は静学システムのものと同様である。筆者らは、既に静学システムの下での燃料税増徴策の便益帰着分析は行っており³⁾、ここでの結果もそれと同様となっている。すなわち、式(4)の右辺[]内の第一項は燃料税を増徴させたことによる税の超過負担分であり、第二項は外部不経済削減便益である。

(2) 自動車重量税増徴策

一方、自動車重量税増徴策はインパクトが変わる。式(2)からわかるように、 t 期の自動車トリップ消費量を dx'_A だけ減少させる重量税増徴策としては、全ての期の自動車本体価格に税を賦課することが可能である。今、そのような政策における各期の重量税が $\omega'_F, \dots, \omega'_F$ のようであるとすると、その時のEVは以下のように計測される。

$$EV'_V = \int_{A-B} \frac{\partial e^t}{\partial V^t} \frac{\partial V^t}{\partial I^t} \left[\sum_{i=0}^t (1+\rho)^{t-i} \omega'_V dx'_i + \frac{\partial I^t}{\partial r^t} dr^t \right] \quad (5)$$

重量税増徴策では、全ての期の重量税を操作することが可能である反面、それによる税の超過負担分が発

生し、 t 期で評価される EV'_t では、それら割増された税超過負担分が効いてくることになる。

(3) 両税増徴策の比較分析

4.(1)と4.(2)より、燃料税増徴策と重量税増徴策の両政策を実施した場合の影響の違いを、便益帰着分析を通して明らかにした。4.(1)と4.(2)では、政策の前提として t 期での自動車トリップ消費量が同じだけ削減される政策を想定しており、よって式(4)、(5)の[]内の第二項、外部不経済削減便益は両政策とも等しくなっている。

以上より、両政策のインパクトの違いとしては、その第一項、政策が社会経済へ及ぼす影響について考えればよい。すなわち、燃料税増徴策では、 t 期のみの税超過負担分が、重量税増徴策では、全ての期の税超過負担分の割増された合計値かどちらが大きくなるかを判断すればよい。しかし、それらの大小は、モデルのパラメータに依存するものといえ、数値シミュレーション分析を行うことでしか判断できない。その数値計算は、現在行っている最中であり講演時に発表する予定である。

5. 最適政策過程導出モデル

4章で示した便益帰着分析を、数値的に解くことにより燃料税増徴策と重量税増徴策のどちらが効率的かの解答は出される。しかし、外部不経済の削減という目標においては、いかなる政策を扱うにせよ、それらを組み合わせ、最も効率的に外部不経済を削減することの方が重要といえる。そこで本研究では、均衡制約下での最適化問題(MPEC)として、最適政策過程の導出モデルの定式化を行う。それは以下に示すとおりである。

$$\max_{\omega_t^f, \omega_t^w} \sum_{t=1}^T \frac{V'_t}{(1+\rho)^t} \quad (6.a)$$

$$s.t. \quad x_A^t \leq \delta x_A^{t-1} \quad (6.b)$$

ただし、 x_A^t ：目標年次における自動車トリップ消費、 x_A^{t-1} ：基準年次における自動車トリップ消費量、 δ ：目標とする削減率、 ρ ：主観的割引率。

ここでは、制約条件式として環境基準のみを示しているが、 V'_t は3章で示したDCGEモデルを解くことにより求められるものである。式(6)を解くにあたり、式(6.b)の制約条件式に具体的な削減目標を入れること

により、目標を達成するための、最適な政策過程を導出することが可能となる。式(6)の具体的な解法としては、遺伝的アルゴリズム(GA)の適用を考えており、既に燃料税増徴策のみについては計算を行っている²⁾。

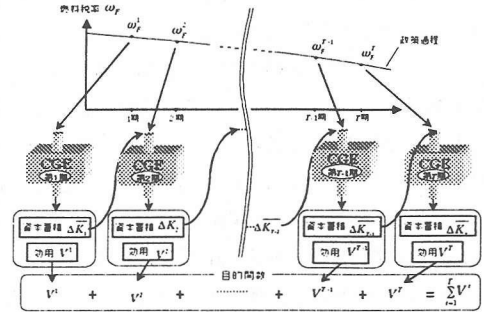


図4 最適政策過程導出モデル

6. 結論

本研究は、これまでに筆者らが構築してきたDCGEモデルを用いて、特に自動車燃料税増徴策と自動車重量税増徴策が自動車トリップ消費の抑制という面で発生させる効果と影響を理論的な側面から比較分析した。その結果、ある時点における自動車トリップ消費の削減量を等しくさせるように自動車関連税増徴策を実施させた場合、燃料税増徴策では、 t 期のみの税超過負担分が、重量税増徴策では、全ての期の税超過負担分の割増された合計値が、それぞれ社会経済に与える影響となることが分かった。それらのうち、実際にはどちらが効率的であるのかという点については、数値シミュレーションにより分析する必要がある。それは現在行っている段階であり、講演時に発表する予定である。さらに、式(6)を数値的に解くことも平行して行っており、これについても講演時に発表する予定である。

【謝辞】

本研究は、科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業(CREST)の「都市交通の環境負荷制御システムの開発」の一貫として行われ、その助成を受けている。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 武藤慎一(1999)：環境政策評価への計量厚生分析の適用，岐阜大学博士学位論文。
- 2) 酒井祐輝・武藤慎一・高木朗義(2000)：遺伝的アルゴリズムを用いたCO₂削減のための最適政策過程の導出，地球環境シンポジウム発表予定。
- 3) 武藤慎一・上田孝行・森杉壽芳(1998)：自動車交通に起因する外部不経済削減政策の便益帰着分析，応用地域学研究，No. 3, pp. 83-94。