

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*

Benefit Incident Analysis of the Policies to Regulate External Diseconomies Caused by Automobiles

武藤慎一**, 上田孝行***, 森杉壽芳****

By Shinichi MUTO**, Takayuki UEDA***, Hisayoshi MORISUGI****

1. 背景と目的

自動車交通の有用性は誰もが認めるところであるが、一方で騒音や大気汚染などの外部不経済の問題を発生させている。このような問題に対し近年、外部不経済削減のための各種政策が提案・実施されてきているが、これらの政策は外部不経済の削減に対しては有効である反面、市場経済に対しては負の影響(市場経済的不便益)を与えるとの問題がある。これに対し、筆者ら¹⁾は、外部不経済削減政策を市場経済的不便益まで含めて評価するために、応用一般均衡モデルを用いた評価法を提案し、実際に自動車燃料税増徴策等の政策の定量評価を行ってきた。ところが、この研究では政策による便益が市場メカニズムを通してどのように波及し、どの主体に帰着するのかといった点についての詳細な検討が十分ではなく、政策影響の波及構造についての理論的分析が必要であった。これに対する一つのアプローチとして、森杉(1992)²⁾によって既に提案されている便益帰着構成表に基づく便益帰着分析が挙げられる。この便益帰着構成表とは、上記のような政策により生じる便益(不便益)の波及的影響を、評価の対象とする項目に対し経済主体ごとにまとめたものであり、政策影響の波及メカニズムを含めた便益の帰着構造を明らかにすることが可能である。

そこで本研究では、各政策の特徴、有効性等の議論を試みるため、筆者らが構築してきたモデルをもとに便益帰着構成表を作成し、政策の便益帰着のメカニズムおよび帰着先を明らかにすることを目的とする。

2. 基本モデルの定式化

本研究のモデルは筆者らの構築した応用一般均衡モデル¹⁾に依拠しているため、ここでは本質的な部分のみを示すこととする。

*キーワード：環境計画、交通計画評価、地球環境問題

**学生員 工修 岐阜大学大学院 博士後期課程
(岐阜市柳戸1-1, TEL.058-293-2465, FAX.058-230-1248)

***正会員 工博 岐阜大学助教授 工学部 土木工学科

****正会員 工博 岐阜大学教授 工学部 土木工学科

2.1 モデルの仮定

- 1)社会は、 j で表される4つの産業(合成財生産部門、貨物運輸部門、自動車燃料生産部門、自動車製造部門)と k で表される2つの旅客運輸産業(自動車旅客運輸部門、非自動車旅客運輸部門)、集計された家計、中央政府から成るものとする。
- 2)各産業は生産要素として労働 L 、自動車資本 M 、非自動車資本 K を投入して生産活動を行う。ただし、自動車資本は自動車旅客運輸部門と貨物運輸部門のみが投入する。
- 3)市場は各生産物の財市場と、労働と自動車資本、非自動車資本の生産要素市場が存在し、それらは完全競争的であるとする。

2.2 産業の行動

産業の行動に関しては、既往モデル¹⁾と全く同様に定式化される。すなわち、各産業は、生産要素および中間投入物を投入し、その生産要素費用を最小化するように財・サービスの生産を行うものとする。なお、各産業の生産関数はLeontief型技術を用いて定式化する。この最適問題を生産容量を1とする条件の下で解くことにより、単位生産容量あたりの産業別生産要素需要関数が生産要素価格の関数として得られる。

さらに、本モデルでは規模に関して収穫一定が仮定されているため、生産財の価格体系も決定される。

2.3 家計の行動

続いて家計の行動を説明する。ここでは既往モデルを若干簡略化したモデルを考える。その消費行動の概要を図-1に示す。なお、本研究では各段階を有効的に定式化するため、通常の意志決定構造とは逆の順序で定式化を行う。

【第一段階(交通機関選択)】

まず第一段階では、家計が自動車を保有するか否かを決定、すなわち自動車保有者の旅客運輸消費 T^a が決定しているとの条件の下で、各交通機関を選択する。ただし、簡略化のため交通機関は自動車とそれ以外との2モードを考える。この定式化は以下の通りである。

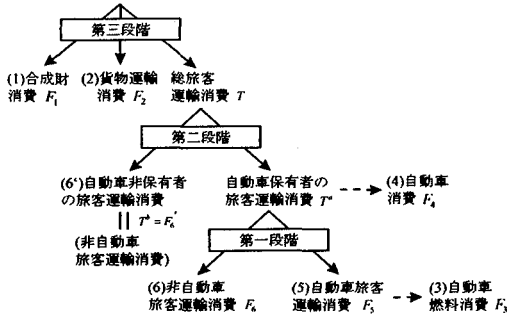


図-1 家計の消費行動

$$S^1 = \max_{P_m} \left[\sum_m P_m u_m - \frac{1}{\theta^1} \sum_m P_m (\ln P_m - 1) \right] \quad (1.a)$$

$$\text{s.t. } \sum_m P_m = 1 \quad (1.b)$$

ただし、 $m : (=5)$ 自動車交通、 $(=6)$ 非自動車交通、 P_m : 交通機関 m を選択する確率。

各交通機関の確定効用 u_m は、自動車交通 : $u_5 = \gamma(p_5 + \tau p_3) + \gamma'$ 、非自動車交通 : $u_6 = \varepsilon p_6 + \varepsilon'$ と表す。ただし、 p_3 : 自動車燃料価格、 τ : 単位自動車輸送量あたりの自動車燃料消費量(固定)、 p_5 : 自動車旅客運輸消費に関わる時間費用、 p_6 : 非自動車旅客運輸価格、 $\gamma, \gamma', \varepsilon, \varepsilon'$: パラメータ。

式(1)を解くと各交通機関の選択確率が、

$$P_m = \frac{\exp(\theta^1 u_m)}{\sum_m \exp(\theta^1 u_m)} \quad (2)$$

のようにロジットモデルで得られる。また、最大期待効用 S^1 、自動車保有者の旅客運輸サービス価格 p_a は以下ようになる。

$$S^1 = \frac{1}{\theta^1} \ln \sum_m \exp(\theta^1 u_m) \quad (3.a)$$

$$p_a = \sum_m P_m \cdot \exp \theta^1 (u_m - S^1) \quad (3.b)$$

なお、式(2)より自動車旅客運輸消費 F_5 が求められる。

$$F_5 = P_5 \cdot T^a \quad (4)$$

さらに τ を用いると自動車燃料消費 F_3 も得られる。

$$F_3 = \tau F_5 \quad (5)$$

【第二段階（自動車保有決定）】

第二段階では、自動車を保有するかどうかの決定を行うものとする。この定式化は第一段階の場合と同様に行えるため、ここでは結果のみを記す。

$$\text{自動車保有率 : } Pr_n = \frac{\exp(\theta^2 v_n)}{\sum_n \exp(\theta^2 v_n)} \quad (6.a)$$

$$\text{最大期待効用 : } S^2 = \frac{1}{\theta^2} \ln \sum_n \exp(\theta^2 v_n) \quad (6.b)$$

総旅客運輸サービス価格 :

$$p_T = \sum_n P_n \cdot \exp \theta^2 (v_n - S^2) \quad (6.c)$$

ただし、 n : 自動車保有($=a$)か非保有($=b$)を表す。

確定効用 v_n は、自動車保有者 : $v_a = \alpha(\xi p_4) + S^1$ 、自動車非保有者 : $v_b = \beta p_6 + \beta'$ と表す。ただし、 p_4 : 自動車車体価格、 ξ : 単位自動車輸送量あたりの自動車本体消費量、 S^1 : 交通機関 m を選択した場合の最大期待効用、 α, β, β' : パラメータ。

式(6)の結果より自動車保有者・非保有者それぞれの自動車旅客運輸消費 T^a, T^b が求められる。

$$T^a = T \cdot Pr_a, \quad T^b = T \cdot Pr_b \quad (7)$$

さらに ξ を用いると、自動車消費 F_4 が得られる。

$$F_4 = \xi T^a \quad (8)$$

一方 T^b は、図-1の(6')にて示されている自動車非保有者の旅客運輸消費 F_6' と等しい。

$$F_6' = T^b \quad (9)$$

【第三段階】

第三段階では、合成財 F_1 と貨物運輸サービス F_2 、総旅客運輸サービス T の消費量を決定するものとし、式(9)の効用関数 U を、予算制約の下で最大化するものとして定式化する。

$$V = \max_{F_1, F_2, T} U(F_1, F_2, T, r) \quad (10.a)$$

$$\text{s.t. } p_1 F_1 + p_2 F_2 + p_T T = p_L L_S + p_M M_S + p_K K_S (\equiv I) \quad (10.b)$$

ただし、 r : 環境質、 p_j : 第 j 生産財の価格($j=1,2$)、 p_T : 総旅客運輸サービスの価格、 L_S, M_S, K_S : 各生産要素の初期保有量。式(10)を解くと、各財の需要関数および間接効用関数が式(11)のように得られる。

$$F_i = F_i(p_j, p_T, I) \quad (11.a)$$

$$V = V(p_j, p_T, I) \quad (11.b)$$

2.5 市場均衡条件

本モデルは生産技術に関し収穫一定を仮定しているため、各産業はその需要に見合う供給を常に行うとされる。よって、均衡条件としては生産要素の需給均等のみが意味を持つ。

$$\text{労働市場 : } \sum_i (PC_i D_{L_i}) = L_S \quad (12.a)$$

$$\text{自動車資本市場 : } \sum_i (PC_i D_{M_i}) = M_S \quad (12.b)$$

$$\text{非自動車資本市場 : } \sum_i (PC_i D_{K_i}) = K_S \quad (12.c)$$

ただし、 L_S, M_S, K_S : 各生産要素供給量(固定)。

3. 便益の計測

本研究では、等価的偏差(Equivalent Variation: EV)により便益の定義を行う。そこで、自動車燃料税増徴策を例に挙げEVの帰着形を示す。式(11)の間接効用関数を用いるとEVは次式のように表現できる。

$$V(p_j^A, p_T^A, t_3^A, I^A + EV, r^A) = V^B \quad (13)$$

ただし、A,B:政策前、後を表す、 t_3 :自動車燃料税。

式(13)を支出関数を用い表現し直すと次式となる。

$$EV = e(p_j^A, p_T^A, t_3^A, V^B, r^A) - e^A = \int_{V^A}^{V^B} \frac{\partial e}{\partial V} dV \quad (14.a)$$

$$= \oint_{A \rightarrow B} \left\{ \sum_j \frac{\partial e}{\partial V} \frac{\partial V}{\partial p_j} dp_j + \frac{\partial e}{\partial V} \frac{\partial V}{\partial p_T} dp_T + \frac{\partial e}{\partial V} \frac{\partial V}{\partial I} dI + \frac{\partial e}{\partial V} \frac{\partial V}{\partial r} dr \right\} \quad (14.b)$$

$$= \oint_{A \rightarrow B} e_i \left[-\sum_j F_j dp_j - T dp_T + dI + I, dr \right] \quad (14.c)$$

ただし、 $e_i = \frac{\partial e}{\partial V} \frac{\partial V}{\partial I}$ 、 $I_r = \frac{\partial I}{\partial r}$ 。この最後の変形は、

ロアの恒等式 $F_i = -\left(\frac{\partial V}{\partial p_i}\right) / \left(\frac{\partial V}{\partial I}\right)$ を適用している。

式(14)中の家計所得 $I(dI)$ は、次の3項目から成る。

1)生産要素供給による収入 Ω [$d\Omega = L_S dp_L + M_S dp_M + K_S dp_K$]、2)企業の利潤 Π ($=0$) [$d\Pi = Q_d dp_i - L_D dp_L + M_D' dp_M + K_D' dp_K$] - $\sum_h x_h^i dp_h$]、3)税の再分配 Ψ [$d\Psi = \tau F_5 dt_3 + t_3 d(\tau F_5)$]。なお[]内は、各所得の式を全微分したものである。

これらを式(14.c)に代入し整理すると、

$$\begin{aligned} EV = & \oint_{A \rightarrow B} e_i \left[\underbrace{\left(L_S - \sum_i L_D^i \right) dp_L + \left(M_S - \sum_i M_D^i \right) dp_M}_{\text{労働市場 <1> 自動車資本市場 <2>}} \right. \\ & + \underbrace{\left(K_S - \sum_i K_D^i \right) dp_K + \sum_j \left\{ Q_j - \sum_h x_j^h - F_j \right\} dp_j}_{\text{非自動車資本市場 <3> 財市場 <4>}} \\ & + \underbrace{\left\{ Q_3 - \sum_h x_3^h \right\} dp_3 + \left\{ Q_4 - \sum_h x_4^h \right\} dp_4}_{\text{自動車燃料市場 <5> 自動車市場 <6>}} \\ & + \underbrace{\left\{ Q_7 - \sum_h x_7^h - T \right\} dp_7 + \left\{ \tau F_5 dt_3 + \tau t_3 dF_5 \right\} + I_r dr}_{\text{旅客運輸市場 <7> 税の再分配 <8> 環境質の変化 <9>}} \end{aligned} \quad (15)$$

式(15)の<1>から<4>は、市場均衡条件よりゼロとなる。また、<7>の $\oint_{A \rightarrow B} -T dp_T$ は、家計が消費する旅客運輸部門の総消費者余剰を表しているが、これは第2.3節より得られる最大期待効用(式(3.a), (6.b))を利用して、

各旅客運輸部門別の余剰と自動車燃料、自動車製造部門の余剰とに分割することが可能である。

$$\oint_{A \rightarrow B} -T dp_T = \oint_{A \rightarrow B} T \cdot \sum_n \frac{\partial S^2}{\partial v_n} dv_n = \oint_{A \rightarrow B} T \cdot \sum_n Pr_n dv_n \quad (16)$$

なお、この変形には $\frac{\partial S}{\partial v_n} = Pr_n$ なる関係を用いた。

式(16)の dv_n は、家計の自動車保有・非保有における効用変化分を表しており以下のようになる。

$$dv_a = -\xi dp_4 + dS^1, \quad dv_b = -dp_6 \quad (17)$$

式(17)中の dS^1 も式(16)と同様に変形できるので、結局 dv_a は以下のようになる。

$$dv_a = -\xi dp_4 + P_5(-dp_5 - \tau dp_3) + P_6(-dp_6) \quad (18)$$

式(17), (18)を式(16)に代入して整理する。

$$\oint_{A \rightarrow B} -T dp_T = \oint_{A \rightarrow B} \left[-F_4 dp_4 - F_5 dp_5 - \tau F_5 (dp_3 + dt_3) - F_6 dp_6 - F_6' dp_6 \right] \quad (19)$$

となる。これをさらに式(15)に代入し整理すると、

$$\begin{aligned} EV = & \oint_{A \rightarrow B} e_i \left\{ \underbrace{Q_3 dp_3 - \sum_h x_3^h dp_3 - \tau F_5 (dp_3 + dt_3)}_{[1]} \right. \\ & + \underbrace{\left\{ \tau F_5 dt_3 + \tau t_3 dF_5 \right\}}_{[2]} + \underbrace{\left\{ Q_4 - \sum_h x_4^h - F_4 \right\} dp_4}_{[3]} \\ & + \underbrace{\left\{ Q_5 - \sum_i x_5^i \right\} dp_5 - F_5 dp_5}_{[4]} \\ & + \underbrace{\left\{ Q_6 - \sum_h x_6^h - (F_6 + F_6') \right\} dp_6 + I_r dr}_{[5]} \left. \right\} \quad (20) \end{aligned}$$

式(20)の[3], [5]は市場均衡条件よりゼロとなる。また[4]に関しては、 $\oint_{A \rightarrow B} -F_5 dp_5$ の項が残る。なぜなら、自動車旅客運輸における家計サービスは、家計自身により提供されていると考えているためである。

以上の結果、最終的な便益の帰着形は、

$$EV = \oint_{A \rightarrow B} e_i \left[\tau t_3 dF_5 - F_5 dp_5 + I_r dr \right] \quad (21)$$

となる。式(21)によればEVは、自動車燃料部門における損失と自動車旅客運輸部門の消費者余剰の変化分に帰着していることがわかる。なお、 p_5 は自動車旅客運輸消費に関わる時間費用を表しているため、自動車旅客運輸部門の消費者余剰変化とは、所要時間の変化による余剰の変化と考えることができる。

これら一連の式展開を表にまとめたものが表-1に示す便益帰着構成表である。

表-1 便益帰着構成表(自動車燃料税増徴策)

主体 項目	家計	(1)合成財 生産部門	(2)貨物運輸	(3)自動車燃 料生産部門	(4)自動車製 造部門	(5)自動車 旅客運輸	(6)非自動車 旅客運輸	政府	合計
外部不経済 削減効果	$\int_{A \rightarrow B} I_1 dp_1$	0	0	0	0	0	0	0	$\int_{A \rightarrow B} I_1 dp_1$
労働	$\int_{A \rightarrow B} L_2 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -L_2^1 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -L_2^2 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -L_2^3 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -L_2^4 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -L_2^5 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -L_2^6 dp_2$	0	0
自動車資本	$\int_{A \rightarrow B} M_3 dp_3$	0	$\int_{A \rightarrow B} -M_3^2 dp_3$	0	0	$\int_{A \rightarrow B} -M_3^5 dp_3$	0	0	0
非自動車資本	$\int_{A \rightarrow B} K_4 dp_4$	$\int_{A \rightarrow B} -K_4^1 dp_4$	$\int_{A \rightarrow B} -K_4^2 dp_4$	$\int_{A \rightarrow B} -K_4^3 dp_4$	$\int_{A \rightarrow B} -K_4^4 dp_4$	$\int_{A \rightarrow B} -K_4^5 dp_4$	$\int_{A \rightarrow B} -K_4^6 dp_4$	0	0
(1)合成財の 価格変化	$\int_{A \rightarrow B} -F_1 dp_1$	$\int_{A \rightarrow B} Q_1 dp_1$	$\int_{A \rightarrow B} -X_1^2 dp_1$	$\int_{A \rightarrow B} -X_1^3 dp_1$	$\int_{A \rightarrow B} -X_1^4 dp_1$	$\int_{A \rightarrow B} -X_1^5 dp_1$	$\int_{A \rightarrow B} -X_1^6 dp_1$	0	0
(2)貨物運輸の 価格変化	$\int_{A \rightarrow B} -F_2 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -X_2^1 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} Q_2 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -X_2^3 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -X_2^4 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -X_2^5 dp_2$	$\int_{A \rightarrow B} -X_2^6 dp_2$	0	0
(3)自動車燃料 の価格変化	$\int_{A \rightarrow B} -\tau F_3 dp_3$	0	$\int_{A \rightarrow B} -X_3^2 dp_3$	$\int_{A \rightarrow B} Q_3 dp_3$	0	$\int_{A \rightarrow B} -X_3^5 dp_3$	0	0	0
自動車燃料 税変化	$\int_{A \rightarrow B} -\tau F_3 dp_3$	0	0	0	0	0	0	$\int_{A \rightarrow B} [\tau F_3 dp_3 + \tau - t_3 dF_3]$	$\int_{A \rightarrow B} -\tau F_3 dp_3$
税の再分配	$\int_{A \rightarrow B} [\tau F_3 dp_3 + \tau - t_3 dF_3]$	0	0	0	0	0	0	$\int_{A \rightarrow B} -[\tau F_3 dp_3 + \tau - t_3 dF_3]$	0
(4)自動車 の車体価格変化	$\int_{A \rightarrow B} -F_4 dp_4$	0	0	0	$\int_{A \rightarrow B} Q_4 dp_4$	0	0	0	0
(5)自動車旅客 運輸の価格変化	$\int_{A \rightarrow B} -F_5 dp_5$	$\int_{A \rightarrow B} -X_5^1 dp_5$	$\int_{A \rightarrow B} -X_5^2 dp_5$	$\int_{A \rightarrow B} -X_5^3 dp_5$	$\int_{A \rightarrow B} -X_5^4 dp_5$	$\int_{A \rightarrow B} Q_5 dp_5$	$\int_{A \rightarrow B} -X_5^6 dp_5$	0	$\int_{A \rightarrow B} F_5 dp_5$
(6)非自動車旅客 運輸の価格変化	$\int_{A \rightarrow B} [F_6 + F_6^*] dp_6$	$\int_{A \rightarrow B} -X_6^1 dp_6$	$\int_{A \rightarrow B} -X_6^2 dp_6$	$\int_{A \rightarrow B} -X_6^3 dp_6$	$\int_{A \rightarrow B} -X_6^4 dp_6$	$\int_{A \rightarrow B} -X_6^5 dp_6$	$\int_{A \rightarrow B} Q_6 dp_6$	0	0
合 計	$\int_{A \rightarrow B} [\tau F_3 dp_3 + \tau - t_3 dF_3 + I_1 dp_1]$	0	0	0	0	0	0	0	SNB

4. 便益帰着分析

表-1より、自動車燃料税増徴策の実施による影響は、最終的に家計に帰着することが読みとれる。ところで、便益帰着構成表は、経済主体間での公平性の議論も行えるという特徴があると言われているが、本研究の結果では必ずしもその点からの知見を得ることはできない。これは、産業の行動モデルを厳密に利潤がゼロになるよう定式化したためであり、これより、政策が産業へ及ぼす影響は、生産要素の取引を介し全て家計に帰着することになる。すなわち、モデルの構造上、表-1のような結果が得られたことは当然なのである。

この意味では、便益帰着構成表は不必要であり、最終的な帰着便益として、家計部門の自動車燃料市場における損失と自動車旅客運輸サービスにおける余剰変化のみを計測すればよいともいえる。確かに政策の実行可能性のみを判断するためにはそれでもよい。しかし、本研究で対象としている外部不経済削減政策のようなものの場合、しばしば政策による物価上昇の問題等が議論されるときがある。そのような場合には、便益帰着構成表は有効的である。なぜなら、表-1における家計部門の合成財市場の価格変化による余剰変化 $\int_{A \rightarrow B} -F_1 dp_1$ こそが、物価上昇に伴う家計の損失便益を表しているからである。さらに便益帰着構成表が有効なのは、その便益損失分は実は所得の増分として家計に還元されており、社会的には何ら影響を生じていないことも理解できる点である。

また、燃料税収の変化に伴って他の税制についても

政策の変更を行うことが可能となったとした場合、それらをあわせて実施すると、より複雑な経済的影響が生じる。しかしその際にも、影響メカニズムを把握する手段として便益帰着構成表は有用である。

このように、便益帰着構成表を作成することにより、これまで考慮されていなかった、便益の市場経済に対する影響メカニズムとキャンセルアウトを明示的に表現することが可能となったといえる。

5. 結論

本研究では、外部不経済削減政策の波及影響メカニズムを明らかにするために、便益帰着構成表の作成を行った。その結果、便益のキャンセルアウトを明示的に示すことが可能となり、最終的な便益の帰着先およびその項目が明らかにできた。

今後は、他の政策についても本表の作成を行い、それをもとに各政策の特徴、有効性等の比較分析を行う予定である。

本研究は、運輸政策研究所の客員研究員研究及び文部省科学研究費補助金(特別研究員奨励費)による研究成果の一部である。

【参考文献】

- 1) 武藤慎一、上田孝行、森杉壽芳、館幹土：応用一般均衡モデルによる外部不経済削減政策の国民経済的評価、土木学会第52回年次学術講演会講演概要集(第Ⅶ部門)、1997(講演予定)。
- 2) 森杉壽芳：プロジェクト評価に関する最近の話題、土木計画学研究・論文集 No.7, pp.1-31, 1992。