

運輸産業を取り入れた応用一般均衡モデルの開発*

Constructing the Computable General Equilibrium Model Focusing the Transport Sector*

森杉壽芳**, 上田孝行***, 小池淳司****, 武藤慎一*****

By Hisayosi MORISUGI **, Takayuki UEDA ***, Atsushi KOIKE ****, Shin-ichi MUTOH *****

1. はじめに

戦後のわが国は、自動車交通の充実により産業発展を遂げてきたが、その一方で大気汚染や騒音、交通事故といった問題も多く生んできた。そのような環境被害に対し、自動車利用者は必ずしも十分にその責任を負っていないという批判がある。筆者ら¹⁾は自動車公害による被害を貨幣タームで計測し、自動車利用者の負担すべき費用(負担不足分)が2010年時点で約6.4兆円にのぼることを示した。さらに、負担不足分を燃料税の増徴という形で利用者自身に負担させた場合の燃料価格への影響を明らかにした。ところが、このような税制上の政策を行う場合、わが国の産業構造が自動車輸送に多く依存していることを考えると、その国民経済的影響は極めて多大なものとなる。

そこで本研究では、貿易や課税に対する政策評価に有用とされている一般均衡理論を利用することにより、自動車関連の諸税に対する税制上の政策を行った場合の経済波及効果を分析できるようなモデルを構築することを目的とする。

2. モデルの構造²⁾

2.1 モデルの基本的枠組み

モデル内の経済主体は以下のように設定する。

生産部門：運輸部門、自動車製造部門、自動車燃料生産部門、その他の産業

消費部門：1家計グループ

政府部門：中央政府。

運輸部門については、貨物輸送を前提とする。各産業は、それぞれ一つの生産財を生産し、消費者は生産財と同じものを消費する。中央政府は、総税収にもとづいて移転支出や政府最終消費支出等を行う。

各種税は、納税主体が企業の場合には3タイプ、家計の場合には2タイプにそれぞれ分類した(表-1)。

表-1 税の分類

タイプ	納税主体	対応する税の分類
資本税 直接資本税 間接資本税	企業 企業	法人税 自動車税、自動車重量税 自動車取得税、軽自動車税 固定資産税
労働税	企業	社会保障負担
生産物税 (物品税)	企業	揮発油税、軽油引取税、石油ガス税、地方道路税、通行税、酒税、たばこ消費税
所得税	家計	所得税
その他の 直接税	家計	自動車税、自動車重量税、 自動車取得税、軽自動車税

2.2 生産要素

本研究では、新古典派経済学の採用する伝統的なアプローチにならない、モデルの中には労働と資本の二つの生産要素を取り入れる³⁾。この古典モデルでは、労働と資本を代替財として扱い、生産者自身により労働投入と資本投入との配分が決定される。これにならえば、運輸産業が所有する自動車は、中間投入物と考えるより資本と考えた方が自動車と労働との間の代替性を考慮できる点で本研究での分析と合致している。そこで本モデルでは、自動車資本というものを導入し自動車以外の資本(土地、建物等：非自動車資本)と分けてモデル化する。なお、簡略化のため労働と非自動車資本に関しては初期保有量(供給量)を一定とする。

労働・資本とも産業内並びに産業間を自由に移動できると仮定し、よって生産要素価格についてはすべての産業を通じてそれぞれ均等となる。

2.3 産業

各産業は2.2で述べた生産要素、さらに他の産業の生産財を中間投入物として使用し生産活動を行うものとする。第j産業の生産関数を、レオンチェフ型生産関数を用いて以下のように定式化する。

*キーワード：地球環境問題、環境計画

**正員、工博、岐阜大学教授 工学部土木工学科
(岐阜市柳戸1-1、TEL 058-293-2441、FAX 058-230-1248)

***正員、工博、岐阜大学助教授 工学部土木工学科

****正員、工修、岐阜大学助手 工学部土木工学科

*****学生員、岐阜大学大学院 博士前期課程

$$Q_j = \min \left(VA_j(L_j, M_j, K_j) / a_{0j}, x_{1j}/a_{1j}, \dots, x_{4j}/a_{4j} \right) \quad (1)$$

ただし、 Q_j ：産出量、 L_j ：労働投入量、 M_j ：自動車資本投入量、 K_j ：非自動車資本投入量、 x_{ij} ：第 i 生産財投入量、 VA_j ：付加価値、 a_{ij} ：投入係数 ($i \neq 0$)、 a_{0j} ：付加価値比率 [生産一単位当たりが必要とされる付加価値]、サフィックス j ：産業部門 [$j=1$ ：運輸部門、 $j=2$ ：自動車製造部門、 $j=3$ ：自動車燃料生産部門、 $j=4$ ：その他の産業]。

付加価値 (VA_j) は以下のように定式化する。

$$VA_j(L_j, M_j, K_j) = \delta_j [\alpha_j L_j^{-\rho_j} + \beta_j M_j^{-\rho_j} + \gamma_j K_j^{-\rho_j}]^{\frac{1}{\rho_j}} \quad (2)$$

ただし、 δ_j ：比率パラメータ、 $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j$ ：分配パラメータ ($\alpha_j + \beta_j + \gamma_j = 1$)、 $\rho_j = (1 - \sigma_j) / \sigma_j$ 、 σ_j ：3 生産要素 L_j, M_j, K_j の間の代替弾力性。

本研究では運輸産業のみが自らの生産活動に自動車資本を投入するとし、 $j=1$ のとき $\beta_j > 0$ 、それ以外は $\beta_j = 0$ とする。

生産者は、規模に関して収穫一定の技術条件の下では、生産財の需要量にそれぞれ見合うだけの生産を行うとみなされる。その結果、第 j 産業は税込み生産要素価格に対応して最適生産行動をとる。

$$\begin{aligned} \min_{L_j, M_j, K_j} & (1+t_{Lj})p_L L_j + (1+t_{Mj})p_M M_j + (1+t_{Kj})p_K K_j \\ & = p_{Lj}^* L_j + p_{Mj}^* M_j + p_{Kj}^* K_j \end{aligned} \quad (3)$$

$$s.t. \quad 1 = \delta_j [\alpha_j L_j^{-\rho_j} + \beta_j M_j^{-\rho_j} + \gamma_j K_j^{-\rho_j}]^{\frac{1}{\rho_j}}$$

ただし、 t_{Lj} ：労働税率、 p_L ：労働要素価格、 t_{Mj} ：自動車資本税率、 p_M ：自動車資本要素価格、 t_{Kj} ：非自動車資本税率、 p_K ：非自動車資本価格。

これを解くと付加価値 1 単位当たりの生産要素の需要が以下のように求まる。

【労働需要】

$$D_{Lj} = \delta_j^{-1} \left[\alpha_j + \beta_j \left(\frac{\alpha_j p_{Mj}^*}{\beta_j p_{Lj}^*} \right)^{\frac{\rho_j}{1-\rho_j}} + \gamma_j \left(\frac{\alpha_j p_{Kj}^*}{\gamma_j p_{Lj}^*} \right)^{\frac{\rho_j}{1-\rho_j}} \right]^{\frac{1}{\rho_j}} \quad (4)$$

【自動車資本需要】

$$D_{Mj} = \delta_j^{-1} \left[\alpha_j \left(\frac{\beta_j p_{Lj}^*}{\alpha_j p_{Mj}^*} \right)^{\frac{\rho_j}{1-\rho_j}} + \beta_j + \gamma_j \left(\frac{\beta_j p_{Kj}^*}{\gamma_j p_{Mj}^*} \right)^{\frac{\rho_j}{1-\rho_j}} \right]^{\frac{1}{\rho_j}} \quad (5)$$

【非自動車資本需要】

$$D_{Kj} = \delta_j^{-1} \left[\alpha_j \left(\frac{\gamma_j p_{Lj}^*}{\alpha_j p_{Kj}^*} \right)^{\frac{\rho_j}{1-\rho_j}} + \beta_j \left(\frac{\gamma_j p_{Mj}^*}{\beta_j p_{Kj}^*} \right)^{\frac{\rho_j}{1-\rho_j}} + \gamma_j \right]^{\frac{1}{\rho_j}} \quad (6)$$

本モデルでは生産技術の 1 次同次性が前提とされるため、価格受容者である第 j 産業が直面する財価格 p_j は、産出量一単位当たりの生産費用に等しい水準になっている。その結果生産財価格 p_j は以下のように決定される。

$$p_j = a_{0j} [p_{Lj}^* D_{Lj} + p_{Mj}^* D_{Mj} + p_{Kj}^* D_{Kj}] (1+t_{0j}) + \sum_i p_i a_{ij} \quad (7)$$

ただし、 t_{0j} ：純生産物税率。

価格 p_j がこの条件を満たしている時には、産出額 $p_j \cdot Q_j$ と税込みの生産費用が均等になる。そのため、全ての産業で、超過利潤は発生しない。

生産財価格が確定するとそれに対応して消費財価格 q_j が変換行列 C を通じて次のように決まる。

$$[q_1, \dots, q_m] = [p_1, \dots, p_n] C \quad (8)$$

変換行列 C は、 $m \neq n$ の時に消費財価格を導出するために必要となるものであり、本モデルでは $C = I$ (単位行列) となる ($m=n=4$)。

2.4 家計

各家計は、自らが直面する諸価格が現在の水準のまま将来も変化しないという近視眼的期待の下で効用最大化行動をとると想定する。すなわち、将来消費の内容については詳細に決定しないと考える。そのような仮定をおくことで、家計の消費行動モデルを図-1 のように階層的に定式化することができる。

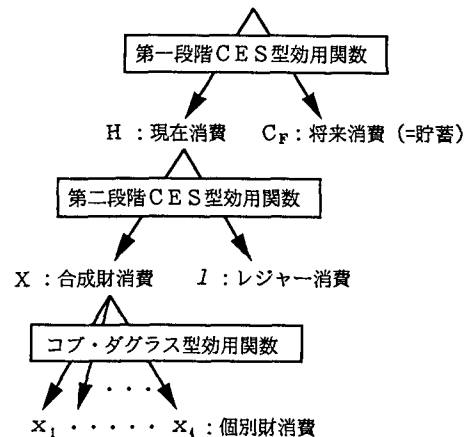


図-1 家計の消費行動モデル

【第一段階】

まず、家計 i ($i=1$) は潜在賃金所得 (Full income) I_{D1} をもとに、現在消費 H_1 と将来消費 C_{F1} を決定する。また、環境変化による影響は、環境質 Z に比例す

るものとしてモデルに組み込み⁴⁾、Zは運輸部門の産出量 Q_i により定式化を行う。

$$\begin{aligned} \max_{H_i, C_{Fi}} U_i \{H_i, C_{Fi}, Z(Q_i)\} \\ = \left[\eta_i^{\frac{1}{\sigma_{1i}}} H_i^{\sigma_{1i}} + (1-\eta_i) C_{Fi}^{\sigma_{1i}} \right]^{\frac{1}{\sigma_{1i}}} + \mu Z(Q_i) \quad (9) \\ \text{s.t. } I_{Di} = p_{Hi} H_i + p_{Fi} C_{Fi} \end{aligned}$$

ただし、 U_i ：世帯 i の効用関数、 μ ：パラメータ、 η_i ：分配パラメータ、 σ_{1i} ：現在消費と将来消費との間の代替弾力性、 p_{Hi} ：現在消費の価格、 p_{Fi} ：将来消費の価格、 $\nu_i = (\sigma_{1i} - 1) / \sigma_{1i}$ 。

これを解くと、以下のように最適な現在消費 H_i と将来消費 C_{Fi} が求まる。

$$H_i = \eta_i I_{Di} / \left(p_{Hi}^{\sigma_{1i}} \Delta_{1i} \right), \quad C_{Fi} = (1-\eta_i) I_{Di} / \left(p_{Fi}^{\sigma_{1i}} \Delta_{1i} \right) \quad (10)$$

ただし、 $\Delta_{1i} = \eta_i p_{Hi}^{(1-\sigma_{1i})} + (1-\eta_i) p_{Fi}^{(1-\sigma_{1i})}$

将来消費と貯蓄との関係は次のように考える。家計貯蓄 S_i による収益は、合成財消費 X_i の価格 q_{Xi} と等しい期待価格を持つと仮定される将来消費 C_{Fi} を購入するための資金とみなす。これにより(11)式が導出される。

$$p_s S_i = \left(\frac{p_s}{p_{Ki} \cdot \theta} q_{Xi} \right) \cdot C_{Fi} \equiv p_{Fi} C_{Fi} \quad (11)$$

ただし、 p_s ：貯蓄財価格、 p_{Ki} ：資本税と賃金所得税とを引いた実効資本価格、 θ ：資本純収益率、 p_{Fi} ：将来消費の価格。

(9)式を解いた最適将来消費 C_{Fi} から、(11)式を用いて最適貯蓄 S_i が求まる。

$$S_i = \frac{(1-\eta_i) I_{Di}}{\left(p_s p_{Fi}^{(\sigma_{1i}-1)} \Delta_{1i} \right)} \quad (12)$$

【第二段階】

次に、(13)式により決定された最適貯蓄額 $p_s S_i$ を控除した所得をもとにして、現在消費で表示される効用水準を最大化するように、合成財消費 X_i とレジャー消費 l_i とを決定する。

$$\begin{aligned} H_i = \max_{X_i, l_i} \left[(1-\xi_i) \frac{1}{\sigma_{2i}} X_i^{\sigma_{2i}} + \xi_i \frac{1}{\sigma_{2i}} l_i^{\sigma_{2i}} \right]^{\frac{1}{\sigma_{2i}}} \quad (13) \\ \text{s.t. } I_{Di} - p_s S_i = q_{Xi} \cdot X_i + p_{Li} \cdot l_i \end{aligned}$$

ただし、 ξ_i ：分配パラメータ、 σ_{2i} ：合成財消費とレ

ジャー消費との代替弾力性、 p_{Li} ：賃金所得税(t_{1i})を控除した賃金 $[=(1-t_{1i})p_L]$ 、 $\phi_i = (\sigma_{2i} - 1) / \sigma_{2i}$ 。

これを解くと、最適な合成財消費 X_i とレジャー消費 l_i は以下のように求められる。

$$X_i = \frac{(1-\xi_i)(I_{Di} - p_s S_i)}{\left(q_{Xi}^{\sigma_{2i}} \Delta_{2i} \right)} \quad (14)$$

$$l_i = \frac{\xi_i(I_{Di} - p_s S_i)}{\left(p_{Li}^{\sigma_{2i}} \Delta_{2i} \right)} \quad (15)$$

ただし、 $\Delta_{2i} = (1-\xi_i) q_{Xi}^{(1-\sigma_{2i})} + \xi_i p_{Li}^{(1-\sigma_{2i})}$

これに付随するラグランジュ乗数より、現在消費の価格 p_{Hi} が決まる。

$$p_{Hi} = \left[(1-\xi_i) q_{Xi}^{(1-\sigma_{2i})} + \xi_i p_{Li}^{(1-\sigma_{2i})} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_{2i}}} \quad (16)$$

【第三段階】

最後に家計は、合成財消費水準 u_i を最高にするように個別財消費 x_{ij} を決定する。ただし、合成財消費は、コブ・ダグラス型関数で定式化する。

$$\begin{aligned} \max_{x_{ij}} u_i(x_{ij}) = \prod_j x_{ij}^{\lambda_{ij}} \\ \text{s.t. } I_i - p_s S_i - p_{Li} l_i = \sum_j q_{ij}^* x_{ij} \quad (17) \end{aligned}$$

ただし、 λ_{ij} ：支出シェア、 q_{ij}^* ：購入段階に賦課される消費税込みの第 j 生産財の価格 $[=(1+t_{c,j})q_{ij}]$ 。

これを解くと、最適な個別財消費は以下のように求められる。

$$x_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{q_{ij}^*} (I_i - p_s S_i - p_{Li} l_i) \quad (18)$$

これに付随するラグランジュ乗数より合成財消費 X_i の価格が求まる。

$$q_{Xi} = \prod_j \left(\frac{q_{ij}^*}{\lambda_{ij}} \right)^{\lambda_{ij}} \quad (19)$$

2.5 一般均衡条件

通常のモデルにおける一般均衡条件は、

①全ての財ならびに生産要素の需給均等、②全ての産業の税引後の超過利潤がゼロ、③一般化された均衡財政の成立(税収と公共支出総額との均等)。ただし、財政政策の方針によっては③は、はずすことも可能である。

ところで先にふれたとおり、規模に関して収穫一定

条件の下で各財の需要に見合う供給を産業が常に行うとされるので、①は生産要素の需給均等のみが意味を持ち、また (7) 式が成り立つ価格形成方式のもとでは税引後の超過利潤はゼロとなり②は自動的に成立する。よって、本モデルでの一般均衡条件は、③の成立とともに労働、自動車資本、非自動車資本の3生産要素の需給均等という4条件に言い換えることができる。

【市場均衡式】

(i) 労働市場

$$\sum_j (a_{0j} Q_j D_{Lj}) = L_s \quad (20)$$

(ii) 自動車資本市場

$$\sum_j (a_{0j} Q_j D_{Mj}) = M_s \quad (21)$$

(iii) 非自動車資本市場

$$\sum_j (a_{0j} Q_j D_{Kj}) = K_s \quad (22)$$

(iv) 税収

$$T^+ = T \quad (23)$$

ただし、 L_s : 総労働供給、 M_s : 総自動車資本供給、 K_s : 総非自動車資本供給、 T : 総税収見積額、 T^+ : 政府の総税収。

各産業における産出量 Q_j は、生産財に対する最終需要 F_j に対応し、投入係数行列 A に基づき以下のよう決定される。

$$[Q_1, \dots, Q_n]' = (I - A)^{-1} [F_1, \dots, F_n]' \quad (24)$$

2.2で述べたように、本モデルでは労働と非自動車資本の供給量 L_s 、 K_s は一定である。自動車資本供給 M_s については、車齢 O_m により関数化した初期保有量 E_{m1} と、自動車価格 p_m 、初期保有量 E_{m1} で関数化した単年度自動車投入量 ΔE_{m1} との和で表す⁹⁾。

3. 等価的偏差 (EV) の導出

ここでは、2. で定式化したものと同じCES効用関数を考える。添字 i は省略する。

$$U\{H, C_F, Z\} = \left[\eta^{\frac{1}{\sigma}} H^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\eta)^{\frac{1}{\sigma}} C_F^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} + \mu Z(Q_i) \quad (25)$$

このとき所与の価格と所得のもとで達成可能な最大効用を表す間接効用関数 V は次のようになる。

$$V(p, I, Z) = I \cdot (\Delta)^{\frac{1}{\sigma-1}} + \mu Z \quad (26)$$

これを用いて EV を導出すると最終的に以下のような形で表される。

$$\begin{aligned} EV &= (V^B - \gamma Z^A) \cdot p_U^A - (V^A - \gamma Z^A) \cdot p_U^A \\ &= I^A \left[(V^B - V^A) / V^A \right] \end{aligned} \quad (27)$$

I_A 、 V_A 、 V_B に関しては、2. で定式化したモデルを用いて政策実施前、実施後のそれぞれの均衡解を求めることにより与えられるので、それらを (27) 式に代入すれば EV を求めることができる。

4. おわりに

本研究では、自動車公害に対する税制上の政策を様々な角度から分析するため、一般均衡理論に基づくモデルの構築を行った。このモデルは効用理論に基づいているため等価的偏差 EV を定義することが可能であり、この EV を用いて主要な環境政策の一つとして税率を変化させたことによる便益の計測が可能となった。本モデルは一般均衡理論に基づいているため、(40) 式を詳細に分解することにより便益のキャンセルアウトとデッドウェイトロスの発生を表現することができると思われる⁹⁾。この点について、現在解析的な分析を行っている。

本モデルは、貨物輸送を前提として構築されている。そこで今後、旅客輸送部門も取り入れ、さらに機関分担を考慮に入れた形に拡張する必要があるが、その点は現在検討中である。また、実際上のモデルの適用に対しては、モデル内のパラメータ、分析対象とする税の種類等について、データとのかねあひもあり現在検討段階であり、これらパラメータ等の決定後、各政策毎の影響評価、さらには最も効率的な政策の提言にまで言及できればと考えている。

【参考文献】

- 1) 森杉壽芳、小池淳司、武藤慎一：自動車交通の外部不経済的費用と適正な燃料価格水準、土木計画学研究・論文集、1995（印刷中）。
- 2) 市岡修：応用一般均衡分析、有斐閣、1991。
- 3) 今泉博国、藪田雅弘：現在経済政策の基礎、中央経済社、1992。
- 4) Inge Mayeres and Stef Proost: Optimal Tax Rules for Congestion Type of Externalities, 7th WCTR, Working Paper, 1995。
- 5) 森杉壽芳、大野栄治、川俣智計：コーホート型ディーゼル車普及率予測モデルの提案と燃料価格弾力性分析、土木計画学研究・論文集、No.8, pp.41-48, 1990。
- 6) 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.1-33, 1989。