

都市空間を考慮した自動車関連税の同時最適化

河野 達仁¹・星 諒太²・小島 浩³

¹正会員 東北大学大学院情報科学研究科 教授 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: kono@plan.civil.tohoku.ac.jp

²非会員 東北大学大学院情報科学研究科 博士課程前期 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: ryota.hoshi.q3@dc.tohoku.ac.jp

³正会員 一般財団法人 計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9)

E-mail: hkojima@ibs.or.jp

日本では現在、自動車の購入・保有・利用に、様々な税金(例: 燃料税, 自動車保有税)が課せられている。これらの自動車関連税はそれぞれが自動車の取得や利用に影響を与えるため、強い相互作用がある。そのため、これらの税率を同時に最適化する必要がある。さらに、走行距離に応じて支払額の変化する燃料税と走行距離に依存しない自動車保有税は都市空間の各居住者に与える影響が異なる。そこで本研究では、都市空間を考慮の上、自動車利用選択を内生化したモデルを用いて定量分析を行い、燃料税と自動車保有税の効率的水準を求める。考慮した市場の失敗は、混雑、環境外部性、財政の社会的限界費用である。定量分析の結果、燃料税の効率的水準は132円/ℓ、自動車保有税の効率的水準は80,300円/年と求められた。

Key Words : 最適課税, MCF, 外部性, 都市空間

1. はじめに

日本では現在、自動車の購入・保有・利用に7項目の税金が存在している。元来の自動車関連税の課税目的は受益者負担原則に従った道路整備財源確保にあった。しかし近年、自動車に関連する税金は、平成19年の道路特定財源の一般財源化や平成20年の揮発油税の暫定税率の期限切れ等、社会の変遷とともにその目的が変化してきており、新しい役割を持った税率を再設定する段階にあるといえる。その再設定の際の一つの基準に効率的な税水準がある。

効率的税水準を求める際には、2点の考慮が必要である。1つは公的財源調達時の厚生損失である。価格弾力的需要を持つ財に対する課税は、需要者の行動に歪みをもたらす。死荷重という厚生損失をもたらす。もう1つは環境と混雑の外部費用である。ガソリン自動車は排出する汚染物質の影響と大都市内あるいは大都市間を結ぶ道路を中心とした混雑の影響は大きく、効率的税水準の決定には同要因の考慮が欠かせない。

さらに、燃料税や自動車保有税といった自動車関連税はそれぞれが自動車の取得や利用に影響を与えるため、相互依存関係がある。そのため、これらの

税率を同時に最適化する必要がある。しかしながら、従来に関連研究(Parry and Small(2005)¹⁰, 川瀬(2010)¹⁷, 森杉・河野・大村(2009)²², 森杉・河野(2012)²³)は、単一の税項目や料金項目のみを政策変数としている。一方、複数の自動車関連税を同時に最適化した先行研究として、Kono et. al(2013)⁷が挙げられる。彼らは単一ODを想定した下での、高速道路料金・燃料税・自動車保有税の効率的水準を推計した。しかし、自動車保有税は走行距離に依存せず均一に交通に影響を及ぼすのに対し、燃料税には走行距離に応じて徴収される税額が変化する性質がある。このような各税の持つ空間的特徴を考慮するために、距離の異なる複数ODを扱い最適な税水準を求める必要がある。

そこで本研究では、公的財源調達時の厚生損失と環境・混雑の外部費用、複数ODを考慮した上で、仙台都市圏を対象に燃料税・自動車保有税の効率的水準を求める。さらに、ODの代替経路を考慮するため、定量分析を行う。定量分析を行うことで、各税の持つ空間的性質を考慮できるだけでなく、現実の交通混雑の程度を反映することが可能になる。さらに、本研究では定量分析に静学モデルの利用者均衡配分法を用いる。静学モデルでは、動学モデルで行われる時間帯別の分析ができない。しかし、動学モデル

に比べてシミュレーションにかかる時間が短い。さらに、利用者均衡配分法はWardropの第一原則(等費用原則)に厳密に従っており、各ゾーン間の最短所要時間が一意となり、社会的厚生計算が容易である。

2. モデル

(1) モデルの枠組み

本研究では、経済モデルと各OD交通需要量関数、利用者均衡配分を統合して分析を行う。分析のフローは図-1のとおりである。

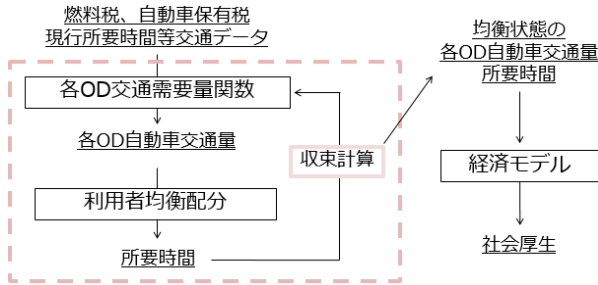


図-1 分析のフロー

経済モデルでは、社会的厚生計算を行う。社会的厚生計算に必要な各OD自動車交通量を、燃料税額・自動車保有税額とトリップ所要時間の下で、各OD交通需要量関数を用いて計算する。また、与えられた交通需要量の下で、各OD別トリップ所要時間を、利用者均衡配分で計算する。

(2) 経済モデル

モデルは消費者の交通行動を対象にし、交通は自動車または公共交通機関を用いて行われる。消費者の予算制約は式(1)、時間制約は式(2)で表される。

$$z^{ir} + \delta^{ir} \left[\sum_s (fl + cc^{irs}) h^{irs} \bar{n}^{irs} + m + p_s^{ir} \right] + (1 - \delta^{ir}) \sum_s [p_p^{rs} \bar{n}^{irs}] = (w^{ir} - \tau^{ir}(w^{ir})) L^{ir}(\tau^{ir}) \quad (1)$$

$$H^{ir} + L^{ir}(\tau^{ir}) + \delta^{ir} \sum_s [T^{irs}] + (1 - \delta^{ir}) \sum_s [T_p^{rs}] = M \quad (2)$$

ゾーン r から s へ交通する個人 i ($i=1, \dots, N^r$) の行動を上付き文字 irs で表現する。 δ^{ir} は自動車を保有する場合 1, 保有しない場合 0 をとる。 z^{ir} は合成財消費量, f は燃料税, l は燃料効率, cc は諸経費, h^{irs} は自動車走行距離, \bar{n}^{irs} は OD トリップパターン, m は保有税, p_s^{ir} は固定維持費用, p_p^{rs} は公共交通料金, w は労働賃金, τ^{ir} は労働税, L^{ir} は労働時間, H^{ir} は余

暇時間, T^{irs}, T_p^{rs} は自動車及び公共交通利用時の所要時間, M は労働可能時間である。

環境の外部性を考慮すると、消費者の効用関数には (z^{ir}, g^{ir}, H^{ir}) の他に道路の環境質 (E) が含まれる。ここで、 g^{ir} は公共交通機関利用時に得られる効用を基準とした自動車利用時に得られる効用である。消費者の効用は以下のように表せる。

$$U^{ir} = u^{ir}(H^{ir}) - v(E) + g^{ir}(\delta^{ir}) + z^{ir} \quad (3)$$

ここで、 $u^{ir}(H^{ir})$ は家計の効用, $v(E)$ は環境質による効用を表す。式(1)と式(2)の制約式の下、余暇 H^{ir} について式(3)を最大化する。一方で政府は、予算制約式(5)の下で社会的厚生を最大化するように燃料税額, 自動車保有税額, 所得税額を決定する。社会的厚生最大化は式(4)で示される。

$$\max_{f, m, \tau} SW = \sum_r \sum_i V^{ir} \quad (4)$$

$$I = K \equiv \sum_r \sum_i \delta^{ir} \left[\sum_s fl h^{irs} \bar{n}^{irs} + m \right] + \sum_r \sum_i \tau^{ir}(w^{ir}) L^{ir}(\tau^{ir}) \quad (5)$$

V^{ir} は家計の間接効用, I は道路整備費用, K は税収入であり、第一項は燃料税及び保有税収入の和, 第二項は所得税収入を意味する。式(4)の最大化問題を解くために、式(4)についてラグランジュ関数を書くとき式(6)で示される。

$$\Phi = \sum_r \sum_i V^{ir} + \varphi \left[I - \sum_r \sum_i \delta^{ir} \left[\sum_s fl h^{irs} \bar{n}^{irs} + m \right] + \sum_r \sum_i \tau^{ir}(w^{ir}) L^{ir}(\tau^{ir}) \right] \quad (6)$$

各税収の調達時には限界費用(MCF)が発生する。本研究では所得税収入の限界費用 (MCF_τ) の値を外生的に与える。公共交通機関利用市場について完全競争を仮定すると、式(6)の最大化問題は以下のように変換できる。

$$\begin{aligned} \max_{f, m} SW = & \sum_r \sum_i g^{ir}(H^{ir*}(\tau^{ir}), \delta^{ir}) \\ & - \sum_r \sum_i \delta^{ir} \left[\sum_s (fl + cc^{irs}) h^{irs} \bar{n}^{irs} + m \right. \\ & \left. + p_s^{ir} + (w^{ir} - \tau^{ir}(w^{ir})) \sum_s T^{irs} \right] \\ & - v(E) - MCF_\tau \left[I - \sum_r \sum_i \delta^{ir} \left[\sum_s fl h^{irs} \bar{n}^{irs} + m \right] \right] \end{aligned} \quad (7)$$

公共交通についてその料金は限界費用となっている。また、式(7)の右辺第一項と第二項は、自動車利用により生じる消費者余剰、第三項は、環境の外部性、第四項は所得税収調達時に生じる死荷重を表す。

さらに、式(6)の燃料税 f に関する一階条件から、式(8)を得る。

$$\begin{aligned}
 -MCF_r = & \\
 & -\sum_r \sum_i \frac{\partial \delta^{ir}}{\partial f} \left[\sum_i (fl + cc^{irs}) h^{irs} \bar{n}^{irs} + m \right. \\
 & \left. + p_s^{ir} + (w^{ir} - \tau^{ir}(w^{ir})) \sum_s T^{irs} \right] \\
 & -\sum_r \sum_i \delta^{ir} \sum_s l h^{irs} \bar{n}^{irs} - \frac{\partial v(E)}{\partial E} \frac{\partial E}{\partial N} \frac{\partial N}{\partial f} \\
 & -\sum_r \sum_i \delta^{ir} (w^{ir} - \tau^{ir}(w^{ir})) \sum_s \frac{\partial T^{irs}}{\partial f} \\
 & \frac{\left[\sum_r \sum_i \delta^{ir} \sum_s l h^{irs} \bar{n}^{irs} \right.}{\left. + \sum_r \sum_i \frac{\partial \delta^{ir}}{\partial f} \sum_s fl h^{irs} \bar{n}^{irs} \right]} + \sum_r \sum_i \frac{\partial \delta^{ir}}{\partial f} m
 \end{aligned} \tag{8}$$

式(8)の左辺 (MCF_r) が所得税調達の際に生じる限界費用であるのに対し、右辺は燃料税収入を調達する際に生じる限界費用である。最適において、これらの限界費用は等しくなる。この結果は、最適課税理論 (e. g. Auerbach and Hines (2002)⁴⁾) で示されているものと全く同じ特性である。したがって、最適課税理論の考え方をを用いても、式(6)を最大化する税の組み合わせが、最適な税水準であることがわかる。ただし、通常の最適課税理論とは異なり、環境と混雑の外部性が考慮されている。

ここで、式(8)の右辺に関してその詳細を見ていく。分子は燃料税率の変化に伴う消費者余剰の合計変化量を表しているのに対し、分母は燃料税率の変化に関する燃料税と保有税の総収入の変化量を表している。各項ごとに説明すると、分子第一項と分子第二項は燃料市場における消費者余剰の変化分を表現している。分子第三項は自動車利用により生じる環境外部性の変化、分子第四項は混雑外部性の変化を表している。分母第一項は燃料税収入の変化、第二項は自動車保有税収入の変化を表している。これらの収入変化は、燃料税水準の変化と関連性がある。燃料税の変化は交通需要量を増減させるので、その他の交通関連の税金額にも影響を及ぼすのである。この関連性は燃料税だけでなく自動車保有税額を決定する際にも重要な役割を担っている。この理論的特性は次のようにまとめられる。

Proposition. (複数 OD 想定時の相互関連税の同時

最適化)

(1) 複数の相互関連税額を最適化するために、各税項目の限界費用を等しくする必要がある。

(2) 税金の限界費用は、「その税の税率変化に伴う消費者余剰の変化量」と「その税の税率変化に関する相互依存税の総収入変化量」の比率で表せる。

Proposition(1)は、単一 OD を想定してモデルを構成した Kono et. al (2013) と同様の結果が得られた。

Proposition(2)は、Kono et. al (2013) と同様の結果である。この特性は、当該税項目 (例. 燃料税) の他の税 (例. 保有税) 収入に対する影響が、当該税額を決める際に重要な役割を持っていることを示している。政府は、ある税の税水準を決める際、その税と関連する他部門の税収入への影響を考慮すべきであることがいえる。

3. 定量分析設定

(1) 対象地域及び対象目的交通

仙台都市圏を対象に定量分析を行う。ここで仙台都市圏とは、仙台市、名取市、岩沼市、塩釜市、多賀城市、富谷市、亶理郡、黒川郡、柴田郡、宮城郡の6市4群を指す。対象区域は小ゾーン単位で集計されており、ゾーン数は1821個である。また、都市圏外からの流入交通や都市圏外への流出交通は、道路が接している対象区域の外枠から発生・集中することになる。この流入・流出交通用の発生・集中地点として、対象区域の外枠に71の発生・集中ゾーンを設けている。つまり、対象区域内および外枠のゾーンを合わせて、1892個のゾーンが存在する。発ゾーン r 、着ゾーン s とともにゾーン数は1892ゾーンで、OD数は計3579664組である。また、平日1日の交通を対象に分析を行う。

地域の総面積は約2,076(km²)。平均所得は約420万円(内閣府県民経済計算, 2014)。対象地域全域での自動車保有台数は917,422台(一般財団法人自動車検査登録協会, 2016)、現行税額下での平日1日の自動車トリップ数は1,829,083トリップ(第4回仙台都市圏パーソントリップ調査)である。交通需要量は、3章(2)で記述するように、自動車利用支出(自動車関連税支出及び時間損失)で説明する需要関数である。仙台市内に向かうトリップの割合は60.5%、OD間の平均走行距離(ゾーン間距離)は25.7kmである。

(2) 交通需要量関数の設定

各 OD における交通需要量関数を設定する際に、交

通需要量が変化する要因を挙げなければならない。要因は 2 つある。1 つは交通の行先や頻度である。例えば、燃料税や保有税額が高くなる。すると、行先を変更することやトリップの回数を減らそうとする。本研究では燃料税や保有税額、所要時間によらず自動車一台当たりの行先や頻度、すなわち OD トリップパターンを固定する(この仮定を仮定 1 とする)。

ここで、仮定 1 の妥当性について検討する。住民は通勤や私事といった目的のために交通を行う。図-2 は平成 14 年に調査された仙台パーソントリップ調査による目的別交通の割合である。自宅発地の交通について検討するために、帰宅目的以外の、目的別に仮定 1 の妥当性を検討する。はじめに通勤と通学に関して、この 2 つは行先と頻度が決まっているため、仮定 1 が妥当な交通である。次に私事交通に関して見ると、私事交通には大きく分けて i) スーパーへの買い物や習い事などの行先や頻度が概ね決まっている交通と ii) 百貨店への買い物や旅行、遠出などの交通がある。ii) について、行先や頻度は決まっていないものの、i) に比べるとトリップの頻度は一般的に低い。そこで、私事交通についても概ね行先や頻度が決まっているとみなせる。最後に業務交通に関して、仮に多少交通費用が高くなったとしても取引などのために交通をするので、交通費用に対してほぼ非弾力的とみなせる。以上より、仮定 1 が成立しないのは私事交通のうち ii) のみであり、都市交通全般に仮定 1 を置くのは概ね妥当だと考えられる。



図-2 目的別交通の割合(出典:平成 14 年仙台パーソントリップ調査)

交通需要量が増えるもう一つの要因は、自動車の保有台数である。仮定1を置くことで自動車保有台数の変化のみで交通需要量を計算できる。本研究では、自動車保有台数、すなわち自動車の購入行動を一般化費用で説明できるように設定する。ここで、ゾーン r からゾーン s へトリップする個人 i ($i=1, \dots, N^r$) の行動を上付き文字 irs で表現する。一人当たりの t 年度の新車購入台数 $S^{ir}(t)$ (台/人) を所得 Y と自動車価格 p_c 、燃費 b^{ir} 、自動車利用支出(第五項)の線形関数で表す。

$$S^{ir}(t) = \alpha^{ir} + \beta^r Y^{ir} + \gamma^r p_c^{ir} + \theta^r b^{ir} + \gamma^r \left(\sum_s \left\{ (f l h^{irs} + w^r T^{irs}) \times 365 \bar{n}^{irs} \right\} + 365 m \right) \times 12 \quad (9)$$

ここで、 $\alpha^{ir}, \beta^r, \gamma^r, \theta^r$ はパラメータである。分析を行う際に、一人当たりの新車購入台数は消費者の平均値を取るものとし、全ての消費者に同じパラメータを用いる。 b^{ir} は自動車燃費 (m/l), f は燃料税 (円/l), l は燃料消費率 (l/m), h^{irs} は走行距離 (m), w^r は時間価値 (円/分), T^{irs} は走行所要時間 (分), \bar{n}^{irs} は OD トリップパターン (トリップ/台), m は自動車保有税 (円/日) である。 \bar{n}^{irs} は式(10)で示される。

$$\bar{n}^{irs} = \frac{\text{ODrsのトリップ数}(N^r)}{\frac{\text{発ゾーン}r\text{のトリップ数}}{\text{全トリップ数}} \times \text{自動車保有台数}} \quad (10)$$

式(10)の右辺の分母は、発ゾーン r の自動車保有台数を仙台都市圏の自動車保有台数と、現況の自動車 OD 交通量から推計している。ODrs のトリップ数を発ゾーン r の自動車保有台数で除することで、1 台当たりの OD トリップパターンが求まる。また、一つの自動車を 12 年間利用し、1 年間全て同じトリップをするものと仮定する。

本研究で最適税率を求める際には、所得と自動車価格を 2010 年の値と一定とし、時間価値 w^r と OD トリップパターン \bar{n}^{irs} 、さらに燃料消費率 l と燃費 b^{ir} を全ての消費者で一定とする。また、走行所要時間及び走行距離は各 OD での平均値を用いる。ゾーン r での一人当たりの新車購入台数の平均値 $\hat{S}^r(t)$ を式(11)に示す。ここで、 $\hat{S}^r(t)$ と切片 $\hat{\alpha}^r$ はゾーン r に住む全ての消費者で一定とする。

$$\hat{S}^r(t) = \hat{\alpha}^r + \hat{\gamma}^r \left(\sum_s \left\{ (f l \bar{h}^{rs} + w^r \bar{T}^{rs}) \times 365 \bar{n}^{rs} \right\} + 365 m \right) \times 12, \quad (11)$$

$$\hat{\alpha}^r \equiv \alpha^r + \beta \bar{Y} + \gamma \bar{p}_c + \theta b$$

\bar{h}^{rs} は ODrs における一人当たり平均走行距離、 \bar{T}^{rs} は ODrs における一人当たり平均走行所要時間である。各ゾーン r の人口 \bar{k}^r を掛け、 t 年度におけるゾーン全体の自動車購入台数 $\hat{S}^r(t)$ を式(12)に示す。

$$S(t) = \sum_r \bar{k}^r \hat{S}^r(t) \quad (12)$$

さらに、 t 年度の 1 人当たり保有台数 $Q(t)$ は、 $S(t)$ と t 年度の廃車率 $\mu(t)$ を用いて、式(13)で示される。

$$\begin{aligned} Q(t) &= Q(t-1) + S(t) - \mu(t)Q(t-1) \\ &= (1 - \mu(t))Q(t-1) + S(t) \end{aligned} \quad (13)$$

$\mu(t)$ は、 $\mu(t) = \text{自動車登録抹消台数} / \text{自動車保有台数}$ で定義される。ここで、自動車登録抹消台数は永久抹消登録台数と一時抹消登録台数と輸出抹消登録台数の和である。本研究で最適税率を求める際に、 μ は年度ごとに変わらず一定とする。このとき、1991 年度から 2015 年度までの廃車率の平均値 9.26×10^{-2} を μ とする。次に、各年度の $Q(t)$ を積み上げて式(14)を導出する。さらに、式(14)において所得と自動車価格が一定であるとみなし、自動車保有台数の要因分析を行う。結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} Q(t) - (1 - \mu)^{16} Q(t-16) \\ = 0.36 + 2.54 \times 10^{-8} Y - 2.62 \times 10^{-8} p_c - 1.29 \times 10^{-3} b \end{aligned} \quad (14)$$

(1.93) (48.2) (-3.03) (-7.50)

※()内は t 値を表す。 $Q(t)$: t 年度の一人当たり自動車保有台数(台/人), $Y(t)$: t 年度一人当たり宮城県内総生産(円), $p_c(t)$: t 年度自動車価格(円), $b(t)$: t 年度燃費(km/l), μ : 廃車率(9.26×10^{-2}), 推計期間: 1992 年度~2012 年度, R^2 値: 0.997

なお、燃料税と保有税水準は推計期間中一定であるため、定数とみなし推計した。すなわち、定数項にこの要因の影響が含まれている。また、推計に用いた一人当たり宮城県内総生産は、一時的な価格や景気の変動を緩和するため、過去と将来の前後 2 年間計 5 年間の移動平均値を用いた。それは、自動車購入の際に一括購入とローンを組んで購入する人が概ね半分半分いることで、過去と将来の所得を考慮する必要があり、そのため前後の移動平均をとるべきであるからである。また、前後の移動平均として現実的な前後 5 年と前後 7 年の移動平均のうち、推定結果の良好な前後 5 年を選んだ。

ゾーン r の t 年度 1 人当たり保有台数 $Q^r(t)$ は、式(15)で示される。

$$Q^r(t) = (1 - \mu)Q^r(t-1) + S^r(t) \quad (15)$$

すると、定常状態でのゾーン r における 1 人当たり自動車保有台数 Q^r が式(16)で導出される。

$$\lim_{t \rightarrow \infty} Q^r(t) = \frac{S^r(t)}{\mu} = Q^r \quad (16)$$

さらに Q^r を用いて各 OD 交通需要量 N^{rs} を式(17)で求める。

$$\begin{aligned} N^{rs} &= Q^r \times \bar{n}^{rs} \times \bar{k}^r \\ &= \left\{ \hat{\alpha}^r + \hat{\gamma}^r \left[\sum_s ((flh^{rs} + wT^{rs}) \times 365 \bar{n}^{rs} + 365m) \right] \times 12 \right\} \bar{n}^{rs} \bar{k}^r \end{aligned} \quad (17)$$

式(17)において、 N^{rs} を求めるためには、切片 $\hat{\alpha}^r$ を推定する必要がある。そこで切片を、1 人当たり自動車保有台数 Q^r を用いてゾーン r ごとに推定していく。はじめに、1 人当たり自動車保有台数 Q^r を計算する。式(17)において、 Q^r は N^{rs} , \bar{n}^{rs} , \bar{k}^r を用いて計算できる。しかし、 \bar{n}^{rs} が式(10)で示されるので、式(10)と式(17)から式(18)が得られる。

$$Q^r = \frac{N^{rs}}{\bar{n}^{rs} \bar{k}^r} = G \frac{\sum_s N^{rs}}{\bar{k}^r} \quad (18)$$

ここで、 $\sum_s N^{rs}$ はゾーン r 全体のトリップ数、 G は仙台都市圏の自動車 1 台当たりのトリップ数の逆数で表される。なお、仙台都市圏の全トリップ数は現行税額下での平日 1 日の仙台都市圏を発とする自動車トリップ数 1,697,740 トリップ(第 4 回仙台都市圏 PT 調査)、ゾーン全体の自動車保有台数は、仙台都市圏の自動車保有台数 917422 台を用いると、 G の値は 1.85 と求められる。

式(18)でゾーン r ごとの Q^r を求めた後に、式(19)で切片 $\hat{\alpha}^r$ を推定する。

$$\begin{aligned} Q^r &= \frac{S^r(t)}{\mu} \\ &= \frac{1}{\mu} \left\{ \hat{\alpha}^r + \hat{\gamma}^r \left[\sum_s ((flh^{rs} + wT^{rs}) \times \bar{n}^{rs} + m) \right] \times 12 \times 365 \right\} \\ &= \hat{\alpha}^r + \hat{\gamma}^r \left[\sum_s ((flh^{rs} + wT^{rs}) \times \bar{n}^{rs} + m) \right] \times 12 \times 365 \end{aligned} \quad (19)$$

ここで、 \bar{T}^{rs} は現況の OD 所要時間、 \bar{h}^{rs} はゾーン間平均走行距離である。現況の燃料税 f は揮発油税と地方揮発税、さらに石油石炭税の合計で 56.6(円/l)である。また、自動車保有税 m には自動車税と自動車取得税、自動車重量税、さらに軽自動車税が含まれる。ここで、乗用車を普通車、小型車、軽自動車と分類し、自動車保有税額算出のために、普通車、小型車、軽自動車を表-1 のように定める。また、

表-1 に乗用車のシェアを、一般財団法人自動車検査登録情報協会 (2016) の宮城県自動車保有台数 623, 718 台から算出した。

表-1 乗用車の分類とシェア

乗用車の分類	排気量(cc)	車重(トン)	シェア
普通車	2,000から2,500	1.5から2	0.298
小型車	1,000から1,500	1.0から1.5	0.345
軽自動車	660以下	-	0.357

普通車、小型車、軽自動車それぞれの年間自動車保有税額を算出した後、乗用車のシェアを乗じた自動車保有税額 44, 100(円/年)を本研究で用いる。

(3) シミュレーション中のパラメータ設定

ここでは、社会厚生関数に適用する、環境外部性に関するパラメータ、所得税の MCF 値、その他時間価値等パラメータの設定値について記述する。

(a) 環境外部性に関するパラメータ

環境の外部性に関わるパラメータを、大気汚染による健康被害と地気球温暖化による気候変動・健康被害を考慮して決定する。

はじめに大気汚染による健康被害について記述する。人々の健康に最も深刻な被害を与えるのは、PM10 や PM2.5 など大気中に浮遊する粒子状物質である。これらは、ガソリン自動車から排出される窒素酸化物 (NO_x)、炭化水素 (HC) が大気中で化学反応を起こすことにより形成される。粒子状物質は非常に小さく、肺組織に到達すると非常に危険であり、多くの医学論文において、大気中の粒子状物質濃度と死との間に因果関係が存在することが記されている (e. g. Dockery et. al (1993)⁶⁾。

これらのことから、大気汚染の限界費用は主に粒子状物質の影響から成り立つといえ、その影響力は地域的なものである。児山・岸本 (2001) では、粒子状物質濃度の影響力を基に、日本国内の大気汚染に関する限界費用を推計している。本研究では、大気汚染による健康被害費用として、児山・岸本 (2001) で基準値として推定されている 1.8 円/km を用いる。

次に地球温暖化による気候変動・健康被害について記述する。地球温暖化の影響は予測出来ない要素が多分に含まれている。それゆえ、各研究の推定値は大きく離れている。現段階では、どの推定値が正確であるか明言することが出来ない。本研究では、Nordhaus and Boyer (1999)⁸⁾ の値を用いる。ガソリンには、1 ガロン当たり炭素 0.0024 トンが含まれている (米国学術研究会議, 2002)。これらの値から、

我々はガソリン 10 あたり 2.4 円 (0.21 円/km) の損害費用が発生すると設定する。

以上より、環境外部性費用は、大気汚染による健康被害費用 (1.8 円/km) と地気球温暖化による損害費用 (0.21 円/km) の両者を考慮して設定する。

(b) 所得税 MCF の設定

別所・赤井・林 (2003)²¹⁾ は、日本における所得税の MCF の値 (MCF_T) を 0.956 から 1.229 程度であると推計した。政府の所得税収入は、道路投資予算と比較すると非常に大きいため、本研究では、道路料金や自動車関連税の水準を決める際 MCF_T の値は外生の定数として扱う。上記より、 MCF_T は所得税の限界費用と等しく、その値を 1.1 と 1.2 としている。

(c) 燃料消費率

自動車利用による燃料消費率 (km/ℓ) を、国土交通省自動車燃料消費量統計年報 (2014) から推計する。宮城県の乗用車走行キロ 11, 246, 232 (千 km) をガソリン消費量 1, 020, 959 (kℓ) で割ると、11.0 (km/ℓ) となる。この値を走行速度に応じた燃費に換算する。

平成 22 年度道路交通センサスでの宮城県と仙台市の一般道路全体の旅行時間 (宮城県が 37.6km/時、仙台市が 30.9km/時) を図-3 に当てはめる。

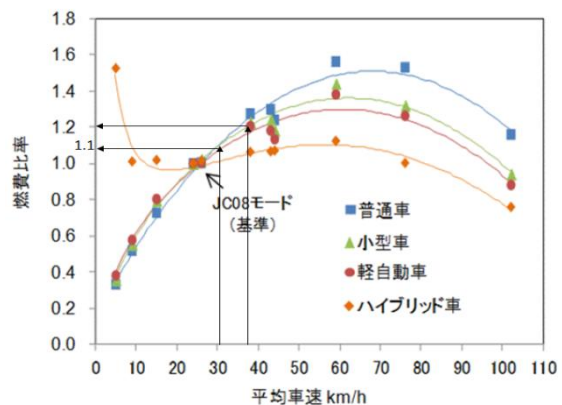


図-3 平均車速と燃費比率の関係について (出典:平成24年度省エネルギー設備導入等促進事業 自動車実走行燃料消費情報等提供事業 報告書)

図-3 より、仙台市の一般道路全体の旅行時間の時燃費比率が 1.1、宮城県の一般道路全体の旅行時間の時燃費比率が 1.2 になるので、仙台市での燃料消費率は、 $11.0 \times 1.1 \div 1.2 = 10.08$ (km/ℓ) となる。今回対象とするのは仙台都市圏であるため、仙台市の燃料消費率と近似しても分析結果に影響はほぼないと考え、算出した燃料消費率 10.08 (km/ℓ) を用いる。

(d) その他パラメータ

通勤交通時の時間価値として、加藤 (2013)¹⁴⁾ で推計されている 25.5 (円/分) を採用する。加藤 (2013)

は、交通センサデータを用いて、日本における道路交通の時間価値を実証的に推定した。

政府支出 I は自動車関連税収入よりも十分に大きい値を用いる必要がある。本研究では、宮城県全体で徴収される所得税収入年間約 1279 億円(平成 27 年国税庁統計年報)を、仙台都市圏を考慮し、さらに一日当たりで導出した約 3 億 5039 万円、さらに政府と宮城県で徴収される燃料税収と自動車保有税収の合計(財務省平成 28 年度一般会計予算内と宮城県平成 27 年度予算額)を、仙台都市圏を考慮し、さらに一日当たりで導出した約 1 億 6883 万円の合計額である 5 億 1922 万円を近似的に用いる。

(4) 社会的厚生関数

定量分析時に用いる社会的厚生関数(式(7))について、式(7)の右辺第一項は、公共交通利用時に得られる効用を基準とした自動車利用時に得られる効用、第二項は自動車利用時に要する費用、第三項は環境の外部性を意味する。第四項は所得税収調達時に生じる厚生損失を表す。

式(7)の右辺第二項と第三項は、自動車利用市場において生じる消費者余剰を表している。これは、各 OD の交通需要量の需要関数から導出することができる。ここで、仮定 1 を置くことで自動車保有台数の変化のみで交通需要量を計算できるため、式(19)を用いて自動車利用市場において生じる消費者余剰を導出する。式(19)を変形して式(20)を得る。

$$\begin{aligned} & \text{1日の1人当たり一般化費用} \\ & = \sum_s \left((flh^{rs} + wT^{rs}) \times n^{rs} + m \right) = \frac{Q^r - \bar{\alpha}^r}{12 \times 365 \hat{\gamma}} \quad (20) \end{aligned}$$

式(20)を用いて 1 人当たり自動車保有台数と 1 日の 1 人当たり一般化費用の関係を図-4 に示す。

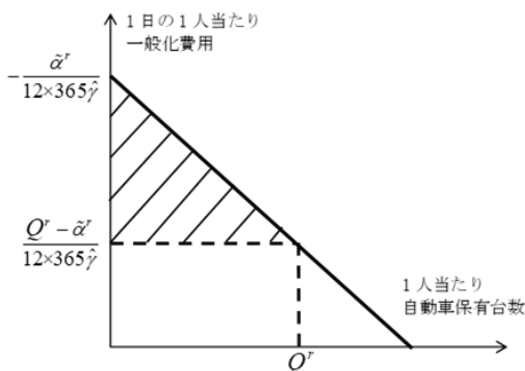


図-4 自動車利用市場における消費者余剰

図-4 の斜線部分の面積が、ゾーン r での自動車利

用市場の消費者余剰である。図-4 より、自動車利用市場の消費者余剰は式(21)で示される。

$$\begin{aligned} & \sum_r \sum_i v_i^{ir} (H^{ir*}(\tau^{ir}), \delta^{ir}) \\ & = \sum_r \bar{k}^r \times \frac{1}{2} Q^r \left\{ -\frac{\bar{\alpha}^r}{12 \times 365 \times \hat{\gamma}} - \left(\frac{Q^r}{12 \times 365 \times \hat{\gamma}} - \frac{\bar{\alpha}^r}{12 \times 365 \times \hat{\gamma}} \right) \right\} \quad (21) \\ & = \sum_r \left(-\frac{\bar{k}^r (Q^r)^2}{2 \times 12 \times 365 \times \hat{\gamma}} \right) \end{aligned}$$

自動車非利用の市場について完全競争を仮定しているため、完全競争市場の場合、税率変更により均衡点が変わっても限界効用と限界費用が常に一致しているため、その市場での変化が社会的厚生に与える影響は 0 である。そのため、自動車非利用市場の消費者余剰を計算せずに、自動車利用市場の消費者余剰と環境の外部性、所得税収調達時に生じる厚生損失を計算することで社会的厚生を求めることができる。さらに、消費者余剰で社会厚生を推計するには、厳密には所得変化がない状態を仮定する必要がある。しかしながら、本研究では所得の変化による交通需要量の変化を考慮しているため、消費者余剰で社会厚生を推計することはできない。ここで、本研究では消費者余剰の値が等価的偏差(EV)と補償的偏差(CV)の間に入ることを利用して、消費者余剰を近似的に見る。そのため、消費者余剰によって社会厚生を定義する。

環境外部性については、環境外部性費用 2.01 円/km に全 OD の総交通量を掛けて求める。所得税収調達時に生じる厚生損失は、政府支出 I から自動車関連税収入を引いた値(所得税収入)に所得税の MCF 値 (MCF_r) を掛けることで求められる。すると、式(6)は式(22)のように書き換えられる。

$$\begin{aligned} \max_{f,m} SW & = \sum_r \left(-\frac{\bar{k}^r (Q^r)^2}{2 \times 12 \times 365 \times \hat{\gamma}} \right) - 0.00201 \sum_r \sum_s N^{rs} (n) h^{rs} \\ & \quad - MCF_r \left[I - \sum_r \sum_s N^{rs} (n) flh^{rs} + \sum_r Q^r \bar{k}^r m \right] \quad (22) \end{aligned}$$

式(22)の第一項は自動車利用市場における消費者余剰、第二項は環境外部性、第三項は所得税収調達時に生じる厚生損失を表す。第二項の係数は、環境外部性費用 2.01 円/km を単位円/m に変換している。

4. 定量分析

(1) 分析手法

式(7)で定めた社会厚生が最大となる燃料税と保

有税のセットを求める。燃料税及び保有税に関して、一定の範囲内において燃料税と保有税のセットの総当たり分析を行う。燃料税に関しては、100 円/ℓから 220 円/ℓの範囲で 5 円/ℓ間隔、保有税に関しては、60 円/日から 260 円/日の範囲で 5 円/日間隔で計算を行う。さらに、最適税率周辺において 1 円間隔で分析を行い、最適税率を決定する。分析範囲は、Kono et. al (2013) で推定されている最適税水準(燃料税 115.5 円/ℓ, 自動車保有税率を 77.8 円/日)を基に、その周辺値に決定した。その上で、分析範囲において最適値を頂点に社会厚生関数が山なりになっていることを、数値化して確かめる。ここで、定量分析を実施する際に、第 3 章の仮定 1 より、新車購入の需要の変化のみで交通需要量が変化する。

(2) 分析結果

分析の結果を表-2, 表-3, 図-5 にまとめる。社会的厚生を最大化する燃料税, 保有税額は, $MCF_T=1.1$ とする場合, 132 円/ℓ, 80,300 円/年, $MCF_T=1.2$ とする場合, 130 円/ℓ, 82,125 円/年であった。 $MCF_T=1.2$ を仮定すると, 現行税額から, 燃料税を約 73 円/ℓ 引き上げ, 保有税を約 48,000 円/年引き上げるとき, 各税額は効率的となる。ここで燃料税の現行税額を, 揮発油税と地方揮発油税の和 53.8 円/ℓ と石油石炭税約 2.8 円/ℓ の和とした。表-3 で示すように, $MCF_T=1.1$ とする時, 最適税額時において社会的厚生は 33 億 1 千万円/日, 燃料税・保有税収入はそれぞれ 2 億 3 千万円/日と 1 億 8 千万円/日, 交通量は 1,477,872 台/日となる。また, $MCF_T=1.2$ とする時, 社会的厚生は 32 億 9 千万円/日, 燃料税・保有税収入はそれぞれ 2 億 2 千万円/日と 1 億 8 千万円/日, 交通量は 1,488,682 台/日となる。

図-5 は $MCF_T=1.1$ をとする場合の社会的厚生の大きさを示したものである。この図より, 社会的厚生は概ね凹関数になっていることがわかる。

日)	1000 万	万	8000 万
燃料税収入(円/日)	2 億 3000 万	2 億 2000 万	1 億 1000 万
保有税収入(円/日)	1 億 8000 万	1 億 9000 万	1 億 1000 万
交通量(台/日)	1,477,872	1,488,682	1,829,083

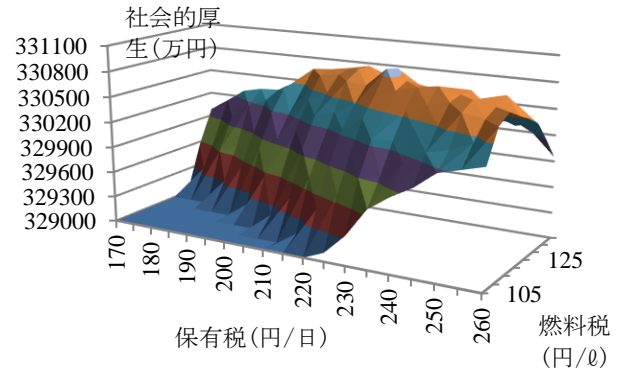


図-5 社会的厚生の変遷 ($MCF_T=1.1$ の時)

各税額変化が交通に与える影響の違いを見るために, 燃料税と保有税それぞれの交通所要時間への影響力を見る。各税項目の時間費用削減の程度を見てみると, 燃料税は税額 5 円/ℓ の増加(一人当たり日平均 7.8 円の支出増加)に対し, 一人当たり日平均約 0.39 円の時間削減効果を持つ。一方で保有税は, 5 円/日の税額(一人当たり日平均 3.8 円の支出増加)に対し, 一人当たり日平均約 0.20 円の減少効果しか持たない。そのため, 二つの税項目のうち, 時間費用の削減効果が高い燃料税が混雑税の役割を果たし, その最適税額が高く推計されていると考えられる。

このように燃料税・保有税の持つ時間費用削減程度に違いがあることから, 最適な税水準を導出する際には, 各税額変化が交通に与える影響の違いを考慮することが必要であることがわかる。燃料税額変化の影響は, 走行距離が長い交通ほど受けやすい。つまり, 燃料税額が上昇した時, 走行距離が長い交通の需要量は, 走行距離が短い交通と比較し, 大幅に減少する。都市では, 混雑が不均一に複数個所で発生しているため, 走行距離が長い交通の需要量が減るほど, 複数個所の混雑の程度を緩和することが出来る。そのため, 全ての交通に均一な影響力を持つ保有税と比べ, 燃料税の方が時間費用の削減効果が大きいと考えられる。

以下では, 市場の歪みを生む要素(混雑・環境外部性と MCF_T) の最適税額への影響力を見るために, 考慮する要素の組み合わせを変えたときの最適税額の変化を見る(表-4)。

表-2 最適税水準

	燃料税(円/ℓ)	保有税(円/年)
$MCF_T=1.1$	132	80,300
$MCF_T=1.2$	130	82,125
現行税額	56.6	44,100

表-3 最適税額時と現行税額時の社会的厚生, 自動車関連税収入, 交通量

	$MCF_T=1.1$	$MCF_T=1.2$	現行税額
社会的厚生(円/日)	約 33 億	約 32 億 9000	約 31 億

表-4 最適税率の考慮する要素による変化, $MCF=1.2$ の場合

考慮する要素	燃料税(円/ℓ)	保有税(円/年)
(1) 混雑・環境・ MCF_r 考慮	130	82,125
(2) 混雑・ MCF_r 考慮	130	82,125
(3) 混雑・環境考慮	132	80,300
(4) 混雑のみ考慮	132	80,300

最適税額導出時の複数要素の考慮の必要性を見るために、混雑・環境外部性・ MCF_r 全てを考慮する場合(1)と混雑のみを考慮する場合(4)を比較すると、混雑外部性のみを考慮した(4)に比べ、全ての要素を考慮した(1)では、燃料税で2円/ℓ最適税額が低く、保有税で約1825円/年最適税額が高い。ここから、最適な税水準を導出する際には、考え得る全ての外部性及びMCFを考慮する必要があるとわかる。

さらに、環境外部性を考慮した場合とそうでない場合とで最適税額が変化していない。その理由として、仙台都市圏の混雑緩和による最適税額の変化が支配的であり、環境外部性による影響は最適税額を変化させるほど大きくなかったことが挙げられる。

先行研究と本研究の結果を表-5に示す。

表-5 先行研究との比較

	MCF_r	燃料税(円/ℓ)	保有税(円/年)
本研究	1.2	130	82,125
Kono et.al (2013)	1.2	115.5	28,400
川瀬(2010)	1.03	142.4	—

先行研究と比較をすると、現行税額よりも燃料税額を引き上げる時最適となる本研究の結果は、Kono et. al (2013)と同様である。しかしながら、現行税額よりも保有税額を引き上げる時最適となる結果になり、さらに燃料税・保有税ともにその最適水準はKono et. al (2013)よりも高く推計された。これは、彼らの研究が単一ODを想定してモデルを構築しているのに対し、本研究では複数のODが存在する交通シミュレーションを用いているからであると考えられる。ネットワーク中に生じる混雑の程度が、先行研究で想定されたものよりも大きかったため、各税の最適水準もその混雑を緩和するために高くなったと考えられる。また、本研究と川瀬(2010)を比較すると、本研究の方が、最適燃料税額が低くなってい

る。その理由として、本研究では燃料税と保有税を政策変数としているのに対し、川瀬(2010)では燃料税のみを政策変数としている。そのため、本研究では、政府の予算制約において保有税の収入分が含まれているので、保有税の収入が増加する代わりに最適燃料税額が減少したと考えられる。

5. 結論

本研究は、自動車の保有・利用モデルと静学交通シミュレーションモデルを統合したモデルを用いて、効率的な燃料税・保有税水準を数値シミュレーションにより導出した。燃料税・保有税の持つ時間費用削減程度を比較することで、最適な税水準を導出する際には、各税の空間的特徴を考慮することが必要であることを示した。また、混雑や環境、 MCF_r の存在が、最適税額にどれほどの影響を与えるのかを示した。そして、現行税額時を基準とした際の、効率的な燃料税・保有税時における社会的厚生の変化量を定量的に示した。

最適において燃料税・保有税額は、 $MCF_r=1.1$ とする場合、132円/ℓ、80,300円/年、 $MCF_r=1.2$ とする場合、130円/ℓ、82,125円/年となった。

燃料税の時間費用削減効果は、保有税の時間削減効果よりも日平均で約2倍高い値を示した。そのため、時間費用の削減効果が高い燃料税が混雑税の役割を果たし、その最適税額が高く推計されている。

市場の歪みを生む要素(混雑外部性・環境外部性・ MCF_r)ごとの最適税額への影響力を見ると、混雑のみを考慮する場合でも保有税の最適水準は80,300円/年と現行税額よりも約36,200円/年高くなる。ここから、仙台都市圏の混雑緩和に燃料税と保有税ともに効果的であることがわかる。また、混雑・環境外部性・ MCF_r 全てを考慮する場合、混雑のみを考慮する場合よりも、燃料税を3円/ℓ引き上げ、保有税を約1,825円/年引き下げる必要がある。ここから、最適な税水準を導出する際には、MCFを考慮することが必要であることがわかる。

今後の課題として、ODトリップパターンを交通目的別に分けた分析や、OD交通量に依存しない算出方法で一人当たりの自動車保有台数を計算できれば、より精密な分析することが可能になるであろう。また、本研究では税額の変化による住民の住み替えが起こらないとしている。しかし、税額の変化により住民の住み替えを捉えられることが出来れば、より現実的な分析が可能になるであろう。

参考文献

- 1) Anderson, P.S. : The optimum tax structure in a three good, one consumer economy, *Swedish Journal of Economics* 74, pp.185-200, 1972
- 2) Andre de Palma, Robin Lindsey : Modeling and evaluation of road pricing in Paris, *Transport Policy* 13, 115–126, 2006
- 3) Atkinson, A.B., Stiglitz, J.F. : The structure of indirect taxation and economic efficiency, *Journal of Public Economics* Edi.1 Vol.3, pp.97-119, 1972
- 4) Auerbach, A.J., Hines, J.R. : Taxation and economic efficiency, *Handbook of Public Economics* 1, pp.1347-1421, 2002
- 5) Dixit, A.K. : On the optimum structure of commodity taxes, *American Economic Review* 61, pp.8-27 and pp.261-278, 1970
- 6) Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H, Fay, M.E., Ferris, B.G., Speizer, F.E. : An association between air pollution and mortality in six U.S. cities, *The New England Journal of Medicine* 372, pp.1753-1759, 1993
- 7) Kono, T. Mitsuhiro, Y. Morisugi, H. : Optimization of car-related taxes and toll considering the marginal cost of funds : interdependency among multiple taxes matters, working paper, 2013
- 8) Nordhaus, W.D., Boyer, J. : Roll the DICE again: economic models of global warming, working paper, 1999
- 9) Parry, I W.H. : On the costs of excise taxes and income taxes in the UK, *International Tax and Public Finance*, 10, 281–304, 2003
- 10) Parry, Ian, W. H., and Kenneth A. Small. : Does Britain or the United States have the right gasoline tax?, *American Economic Review*, 95 (4): 1276-1289, 2005
- 11) Ramsey, F. : A contribution to the theory of taxation, *Economic Journal* 37, pp.47-61, 1927
- 12) Samuelson, P.A. : Memorandum for U.S. treasury, later published as : A theory of optimal taxation, *Journal of Public Economics* 30, 1986, pp.137-143, 1951
- 13) Tol, R.S.J. : The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties, *Energy Policy* 33, pp. 2064–2074, 2005
- 14) 加藤浩徳 (著), 交通の時間価値の理論と実際, 技報堂出版, 2013
- 15) 金本良嗣「道路特定財源制度の経済分析」『道路特定財源制度の経済分析』日本交通政策研究会, pp1-32, 2007
- 16) 鎌苅宏司・村田安雄 (著), 最適課税と環境税の経済分析, 中央経済社, 2005
- 17) 川瀬晃弘, 最適課税論からみたガソリン税率: 日米英比較, *日本経済研究* 62 号, pp.85-104, 2010
- 18) 国土交通省「平成 22 年度道路交通センサス」
- 19) 兒山真也・岸本充生, 日本における自動車交通の外部費用の概算, *政策研究*, Vol4 No.2, pp.19-30, 2001
- 20) 藤原徹・蓮池勝人・金本良嗣, 自動車税制を活用した地球温暖化防止政策の評価, 独立法人経済産業研究所ディスカッションペーパー02-J-004, 2002
- 21) 別所俊一郎・赤井伸郎・林正義, 公的資金の限界費用, *日本経済研究*47号, pp.1-19, 2003
- 22) 森杉壽芳・河野達仁・大村洋平, 道路特定財源調達の限界費用を考慮した効率的な高速道路料金水準と財源調達, 「高速道路と自動車」2009年2月号, pp.20-29, 2009
- 23) 森杉壽芳・河野達仁, 道路整備財源調達に伴う厚生損失を考慮した高速道路料金の効率的水準, *日本経済研究* 67 号, 2012

Simultaneous optimization of car related taxes considering in a city

Tatsuhito KONO, Ryota HOSHI and Hiroshi KOJIMA

In Japan, there are various kinds of car related taxes. These car related taxes interact with each other on acquisition and usage of cars, and thus we have to optimize them simultaneously. Furthermore, the impacts of the two types of tax on residents differ spatially. Therefore, we conduct quantitative analysis which the choice of car usage is endogenized and examine efficient levels of fuel tax and car ownership tax. As the result of quantitative analysis, we estimate that the efficient level of fuel tax is 132yen/ℓ and the efficient level of car ownership tax is 80,300yen/year.