

1. はじめに

我が国では、自動車関係諸税を原資とする道路整備のための特定財源制度が設けられている。特にガソリン税による収入は、国は約80%、地方は約65%と道路財源の中核を担っている。Mohring and Harwitzの定理(1962)によれば、私的交通費用関数がゼロ次同次であれば、混雑税収入により道路整備費を完全に充当することができる。現実には、混雑という外部不経済と直接的な関係が乏しいガソリン税が課徴されており、資源配分上重大なデッドウェイトロスが生じる危険性がある。本研究では、大阪府の道路ネットワークを対象としてガソリン税によるデッドウェイトロスを計測することを目的とする。

2. ネットワーク均衡のモデル化

対象地域は m 個のゾーンに分割され、それぞれのゾーンに N^r の家計が居住する。家計は居住地域でガソリンを購入すると考える。デッドウェイトロスの計測は家計部門のみにについて行う。業務交通に関しては、交通需要が非弾力的でありデッドウェイトロスが生じないと仮定する。ゾーン r に居住する家計がリンク $a \in A$ を利用する場合の私的費用関数を次式のように定義する。

$$c_a^r := \{p^r z(x_a) + \omega t_a(x_a)\} d_a \quad (1)$$

ここで、 p^r はゾーン r の税込みガソリン価格、 $z(x_a)$ は単位距離当りガソリン消費量、 ω は時間価値、 $t_a(x_a)$ は走行時間関数、 d_a はリンク a の距離である。ゾーン r の代表的家計の効用を準線形効用関数により定義すれば、家計行動は

$$\max_{\bar{f}_k^{rs}, \hat{f}_l^{sr}, q^{rs}, y^r} \{G(\sum_{s \in S} v^{rs}) + y^r\} \quad \text{s.t.} \quad (2)$$

$$G(S) = S^{1-\epsilon}/(1-\epsilon), \quad v^{rs} = (q^{rs})^\alpha (Z^s)^\beta \quad (3)$$

$\sum_{s \in S} \sum_{a \in A} \left\{ \sum_{k \in K_{rs}} \delta_{a,k}^{rs} \bar{f}_k^{rs} c_a^r + \sum_{l \in K_{sr}} \delta_{a,l}^{sr} \hat{f}_l^{sr} c_a^r \right\} + y^r = Y^r$ と表せる。 q^{rs} は代表的家計 r のゾーン s への訪問回数、 Z^s はゾーン s の魅力度である。 $\bar{f}_k^{rs}, \hat{f}_l^{sr}$ は、ゾーン r の代表的家計がゾーン s に行くときと帰るときの経路交通量である。効用最大化問題(2),(3)より、代表的家計の目的地別トリップ需要関数が得られる。各家計の需要関数をすべての居住家計に関して集計化すれば、集計の需要関数

$$Q^{rs} = \frac{\alpha^{\eta_3} (C^{rs})^{\eta_1} (Z^s)^{\eta_2} N^r}{\left[\sum_t C^{rt} \{ (C^{rt})^{\eta_1} (Z^t)^{\eta_2} \} \right]^{\eta_4}} \quad (4)$$

を得る。以上の需要関数の下で実現するネットワーク均衡(0)をワードロップ均衡により定義する。

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,k}^{rs} c_a^r(x_a) = \bar{C}^{rs} \quad \text{if} \quad \bar{F}_k^{rs} > 0 \quad (5)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,k}^{rs} c_a^r(x_a) \geq \bar{C}^{rs} \quad \text{if} \quad \bar{F}_k^{rs} = 0 \quad (6)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,l}^{sr} c_a^r(x_a) = \hat{C}^{sr} \quad \text{if} \quad \hat{F}_l^{sr} > 0 \quad (7)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,l}^{sr} c_a^r(x_a) \geq \hat{C}^{sr} \quad \text{if} \quad \hat{F}_l^{sr} = 0 \quad (8)$$

$$Q^{rs} = \sum_{k \in K_{rs}} \bar{F}_k^{rs} = \sum_{l \in K_{sr}} \hat{F}_l^{sr} \quad (9)$$

$$Q^{rs} = \frac{\alpha^{\eta_3} (C^{rs})^{\eta_1} (Z^s)^{\eta_2} N^r}{\left[\sum_t C^{rt} \{ (C^{rt})^{\eta_1} (Z^t)^{\eta_2} \} \right]^{\eta_4}} \quad (10)$$

を同時に満足する $Q_0^{rs}, \bar{F}_{k,0}^{rs}, \hat{F}_{l,0}^{sr}$ により定義される。

3. デッドウェイトロスの定式化

ネットワーク均衡(0)において生じるデッドウェイトロスは、1) 均一なガソリン税率による非効率性、2) ワードロップ均衡がもたらす非効率性という2つの要因で構成される。前者は、ガソリン税率が最適な混雑税より乖離していることにより生じる。後者は、ドライバーの自由な経路選択がもたらす資源配分上の歪みである。ネットワーク均衡(0)の下で生じるデッドウェイトロスをADD指標を用いて定式化する。ゾーン全体の家計の厚生損失 ρ_1 は問題

$$\max_{\rho_1, \bar{f}_k^{rs}, \hat{f}_l^{sr}, q^{rs}, y^r, x_a} \{ \rho_1 \} \quad \text{subject to} \quad (11)$$

$$\beta \rho_1 + \sum_{r \in R} N^r y^r + \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \left\{ \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{a \in A} \delta_{a,k}^{rs} c_a^r N^r \bar{f}_k^{rs} + \sum_{l \in K_{sr}} \sum_{a \in A} \delta_{a,l}^{sr} c_a^r N^r \hat{f}_l^{sr} \right\} \leq \bar{Y} \quad (12)$$

$$u(v^r, y^r) \geq u_0^r, \quad v^{rs} = \phi(q^{rs}, Z^s) \quad (13)$$

$$q^{rs} = \sum_{k \in K_{rs}} \bar{f}_k^{rs} = \sum_{l \in K_{sr}} \hat{f}_l^{sr} \quad (14)$$

$$x_a = \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} N^r \left\{ \sum_{k \in K_{rs}} \delta_{a,k}^{rs} \bar{f}_k^{rs} + \sum_{l \in K_{sr}} \delta_{a,l}^{sr} \hat{f}_l^{sr} \right\} \quad (15)$$

$$c_a^r = \{p^r z(x_a) + \omega t_a(x_a)\} d_a \quad (16)$$

$$\bar{f}_k^{rs} \geq 0, \quad \hat{f}_l^{sr} \geq 0 \quad (17)$$

の最適解 ρ_1 で与えられる。ネットワーク均衡問題(1)

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,k}^{rs} \left(c_a^r + \frac{dc_a^r}{dx_a} \bar{F}_k^{rs} \right) = \bar{C}_1^{rs} \quad \text{if} \quad \bar{F}_k^{rs} > 0 \quad (18)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,k}^{rs} \left(c_a^r + \frac{dc_a^r}{dx_a} \bar{F}_k^{rs} \right) \geq \bar{C}_1^{rs} \quad \text{if} \quad \bar{F}_k^{rs} = 0 \quad (19)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,l}^{sr} \left(c_a^r + \frac{dc_a^r}{dx_a} \hat{F}_l^{sr} \right) = \hat{C}_1^{sr} \quad \text{if} \quad \hat{F}_l^{sr} > 0 \quad (20)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,l}^{sr} \left(c_a^r + \frac{dc_a^r}{dx_a} \hat{F}_l^{sr} \right) \geq \hat{C}_1^{sr} \quad \text{if } \hat{F}_l^{sr} = 0 \quad (21)$$

$$Q^{rs} = \sum_{k \in K_{rs}} \bar{F}_k^{rs} = \sum_{l \in K_{sr}} \hat{F}_l^{sr} \quad (22)$$

$$Q^{rs} = \frac{\alpha^{\eta_3} (C_1^{rs})^{\eta_1} (Z^s)^{\eta_2} N^r}{\left[\sum_k C_1^{rk} \{ (C_1^{rk})^{\eta_1} (Z^k)^{\eta_2} \} \right]^{\eta_4}} \quad (23)$$

を同時に満足する $Q_1^{rs}, \bar{F}_{k,1}^{rs}, \hat{F}_{l,1}^{sr}$ を定義する。これより、デッドウェイトロス

$$\rho_1 = \sum_{r \in R} \{ N^r G(v_1^r) - N^r G(v_0^r) + TC_0^r - TC_1^r \} \quad (24)$$

$$\rho_1^r = N^r G(v_1^r) - N^r G(v_0^r) + TC_0^r - TC_1^r \quad (25)$$

により定義できる。つぎに、ワードロップ均衡がもたらす経路配分上のデッドウェイトロス ρ_2 を定義する。 ρ_2 は問題 (11)-(17) で、OD 交通量 Q^{rs} を Q_0^{rs} の水準に固定した問題の解として与えられる。この問題の最適解はそれと等価なネットワーク均衡問題

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,k}^{rs} \left(c_a^r + \frac{dc_a^r}{dx_a} \bar{F}_k^{rs} \right) = \bar{C}_2^{rs} \quad \text{if } \bar{F}_k^{rs} > 0 \quad (26)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,k}^{rs} \left(c_a^r + \frac{dc_a^r}{dx_a} \bar{F}_k^{rs} \right) \geq \bar{C}_2^{rs} \quad \text{if } \bar{F}_k^{rs} = 0 \quad (27)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,l}^{sr} \left(c_a^r + \frac{dc_a^r}{dx_a} \hat{F}_l^{sr} \right) = \hat{C}_2^{sr} \quad \text{if } \hat{F}_l^{sr} > 0 \quad (28)$$

$$\sum_{a \in A} \delta_{a,l}^{sr} \left(c_a^r + \frac{dc_a^r}{dx_a} \hat{F}_l^{sr} \right) \geq \hat{C}_2^{sr} \quad \text{if } \hat{F}_l^{sr} = 0 \quad (29)$$

$$Q_0^{rs} = \sum_{k \in K_{rs}} \bar{F}_k^{rs} = \sum_{l \in K_{sr}} \hat{F}_l^{sr} \quad (30)$$

の解 $\bar{F}_{k,2}^{rs}, \hat{F}_{l,2}^{sr}$ として求まる。この問題は固定需要型システム最適化問題に他ならない。この問題のデッドウェイトロス ρ_2 は

$$\rho_2 = \sum_{r \in R} (TC_0^r - TC_2^r) \quad (31)$$

$$\rho_2^r = TC_0^r - TC_2^r \quad (32)$$

と定義できる。つぎに、システム最適な経路配分が行われるという状況の下で、均一なガソリン税率が交通トリップ生成にもたらすデッドウェイトロス ρ_3 、およびゾーン r 別のデッドウェイトロス ρ_3^r を定義する。

$$\rho_3 := \rho_1 - \rho_2 \quad (33)$$

$$= \sum_{r \in R} \{ N^r G(v_1^r) - N^r G(v_0^r) + TC_2^r - TC_1^r \} \quad (34)$$

$$\rho_3^r := N^r G(v_1^r) - N^r G(v_0^r) + TC_2^r - TC_1^r \quad (35)$$

以後、 ρ_1 を「総デッドウェイトロス」、 ρ_2 を「ワードロップ均衡によるデッドウェイトロス」、 ρ_3 を「ガソリン税によるデッドウェイトロス」と呼ぶ。

4. 実証分析

大阪府の国道・高速道路からなる道路網で生じているデッドウェイトロスを実証的に測定した。平成3年度のパーソントリップ調査に基づいて自動車OD表を作成し、需要固定型利用者均衡配分を行った。その結果よりゾーン間の一般化交通費用を推、需要関数 (4) を

最尤法を用いて推計した。さらに、ネットワーク均衡 (0),(1),(2) を求め、デッドウェイトロス $\rho_1^r, \rho_2^r, \rho_3^r$ を計算した。推計したデッドウェイトロスを一括して表-1に整理している。

表-1に示すように大阪府全体で年間、約1兆円程度のデッドウェイトロスが生じており、経路選択の非効率性がもたらすデッドウェイトロスが全体の3割程度、ガソリン税率が混雑税率より乖離することにより生じるデッドウェイトロスが7割を占めている。最適でないガソリン税がもたらすデッドウェイトロスは無視できない程度大きな値をとっていることが確認できた。

表1. デッドウェイトロス(単位: 百万円)

ゾーン名	ρ_1	ρ_2	ρ_3
能勢町	17.7	9.9	7.8
豊能町	38.5	19.6	19.0
箕面市	211.8	34.4	177.5
川西市	342.5	157.0	185.6
池田市	249.3	97.8	151.5
豊中市	481.3	97.7	383.6
吹田市	558.2	139.7	418.4
摂津市	489.6	259.5	230.1
茨木市	916.5	651.9	264.7
高槻市	343.6	52.6	291.0
枚方市	351.5	48.1	303.4
寝屋川市	249.5	-14.4	263.9
門真市	339.3	-10.7	350.0
四条畷市	389.2	136.1	253.1
東大阪市	940.7	407.0	533.7
八尾市	1,145.1	769.0	376.1
松原市	416.7	133.7	283.0
藤井寺市	418.2	127.6	290.6
富田林市	234.9	63.1	171.7
河内長野市	167.9	36.6	131.3
堺市	127.3	-74.8	202.1
和泉市	117.0	-21.7	138.7
泉大津市	356.0	171.6	184.4
岸和田市	162.0	-12.5	174.4
泉佐野市	59.4	-31.9	91.3
泉南市	35.5	-6.4	41.9
阪南市	37.1	-1.2	38.3
岬町	11.9	3.1	8.7
大阪市	1,001.7	-134.0	1,135.7
大阪府全体	10,209.7	3,108.4	7,101.3

5. おわりに

最適でないガソリン税体系の下では、資源配分上大きな歪みが生じていることが判明した。このような資源配分上の歪みは、家計の消費者余剰の配分においても大きな歪みをもたらしている可能性がある。現行のガソリン税の下で費用便益分析を行った場合、便益計測において交通需要の多寡によるシステムのバイアスを生じる危険性がある。