

統合型交通均衡配分モデルによる 高速道路料金政策の地方都市圏への影響分析

堀広毅¹・奥嶋政嗣²

¹ 学生員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 エコシステム工学コース 博士前期課程

² 正会員 徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 エコシステムデザイン部門 准教授
(〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1)

E-mail: okushima@eco.tokushima-u.ac.jp

高速道路料金制度の見直しによる地方都市圏交通への影響を定量的に把握し、高速道路料金設定の適正な評価を行うことを目指して、これまでに高速道路料金設定に対応した統合型交通均衡配分モデルが構築されている。本研究では、統合型交通均衡配分モデルを用いて、高速道路料金政策が地方都市圏の交通流動に与える影響を分析する。このとき、対象地域圏域への流出入交通需要に関して、そのトリップの連鎖に着目し、自動車の使用本拠をベースとした交通需要関数を適用した。また、徳島広域都市圏を対象として交通需要関数のパラメータ推定を行うとともに、統合型交通均衡配分モデルに組み込んだ。この統合型交通均衡配分モデルを用いて、高速道路における各種の料金設定について、交通流動変化の影響を分析した。これより、高速道路料金設定による地方都市圏の交通流動への影響を的確に把握することが可能となった。

Key Words : *expressway toll, user equilibrium assignment, travel demand function, local city*

1. はじめに

近年、経済的効果に着目した高速道路料金制度の見直しが議論になっている。高速道路料金設定の変更にもともなう交通流動変化により、一般道路を含む交通渋滞の増減、料金収入の増減、公共交通利用者の増減などの影響があると考えられる。したがって、高速道路料金設定の検討にあたっては、このような影響を定量的に把握し、高速道路料金設定の適正な評価が必要である。このため、これまでに高速道路料金設定に対応した統合型交通均衡配分モデルが構築されている¹⁾。

地方都市圏を対象とした場合、圏域外との流出入交通需要に関して、高速道路料金設定の影響が顕著に表れるものと考えられる。これは徳島広域都市圏を対象とした既往研究¹⁾の推計結果においても確認できる。このとき、地方都市の活性化に関する議論においては、圏域外から対象都市圏への来訪需要の増減について注目される。しかしながら、これまでに構築された統合型交通均衡配分モデルでは、通常の交通均衡配分モデルと同様に、アク

ティビティのベースによってトリップの区別をおこなっていない。このため、来訪交通需要と圏域内に本拠をもつ交通需要を区分することができない。

本研究では、来訪交通需要の増減の把握を意図して、自動車の使用本拠に着目して圏域外との流出入交通需要関数を推定する。この交通需要関数を統合型交通均衡配分モデルに組み込んで拡張する。このとき、圏域外との往復の連鎖を考慮できるように計算アルゴリズムを構成する。さらに構築した統合型交通均衡配分モデルを用いて、高速道路料金政策が地方都市圏の交通流動に与える影響を分析する。これより、来訪需要の増減も含めて、高速道路料金設定による地方都市圏の交通流動への影響を的確に把握することを目指す。

2. 統合型交通均衡配分モデルの拡張

本章では、圏域外との流出入交通需要に関して、自動車の使用の本拠に着目してトリップの往復を考慮した交

通需要関数を推定する。この交通需要関数を統合型交通均衡配分モデルに組み込み、均衡解を求めるためのアルゴリズムを拡張する。

(1) 使用の本拠に着目した圏域外流入交通の需要関数

ここでは、圏域外からの流入に関する交通需要関数について検討する。本研究では、来訪交通需要の増減の把握を意図して、自動車の使用本拠に着目する。

本研究では、神戸淡路鳴門自動車道の料金設定の変動により交通流動に顕著な影響がみられる徳島広域都市圏を対象とする。ここで、徳島広域都市圏 PT 調査の対象圏域を圏域内とし、それ以外を圏域外とする。またゾーン区分に関して、圏域内は 36 ゾーンを設定し、圏域外については徳島県内 4 ゾーンおよび県外は都道府県単位の 45 ゾーンとし、合計 85 ゾーンを設定した。以上のようなゾーン区分に基づいて、具体的なモデル構成を検討する。

ここで圏域外からの流入ゾーンペアにおける交通需要関数については、自動車の使用本拠により区分して交通需要関数を設定する。また、県内ゾーンと県外ゾーンではゾーン規模が大きく異なるため、(A) 県内の圏域外ゾーンとの交通需要、(B) 県内ゾーンを拠点とする県外ゾーンとの交通需要、(C) 県外ゾーンを拠点とする県内ゾーンとの交通需要の 3 区分に分類することとした。

一方、圏域外からの流入交通需要について、道路交通センサ調査結果 (1999 年) を用いて往復で比較したところ、往復平均と往復別のトリップ数の平均絶対差 2.06 トリップと平均トリップ数の 11% 程度であり、相関係数 0.995 であった。このことから、往復を区別せずに往復合計の交通需要を推計することとした。

具体的な交通需要関数の形式は、既往研究を参考とし、式(1)に示す重力モデル形式の交通需要関数を構成した。

$$q_{rs} = D(C_{rs}) = d^{\delta_r} \cdot \alpha \cdot P_r \cdot P_s^\beta \cdot \exp(\gamma \cdot C_{rs}) \quad (1)$$

- r : 拠点ゾーン, s : 活動ゾーン,
- δ : 県内圏域外ゾーンダミー,
- P_r : ゾーン r の居住人口 (万人),
- P_s : ゾーン s の居住人口 (万人),
- C_{rs} : OD ペア rs 間往復の自動車利用一般化交通費用 (万円),
- d, α, β, γ : 重力モデルパラメータ

区分(A)に関しては県内の圏域外ゾーンを拠点とする OD ペアにダミー変数を設定しているが、区分(B) および区分(C)の交通需要関数に関しては、県内の圏域外ゾーンについて区別せず、 $d=1.0$ と固定して推計を行っている。なお上記のような需要関数は、特定の関数形のもとで個人の効用最大化行動理論から導出することができる²⁾。

表 1 交通需要関数のパラメータ推定結果

	パラメータ	推定値	t値
(A) 県内域外 関連	α	26.660	3.704
	β	2.744	15.714
	γ	-6.088	-10.318
	d	7.939	5.830
	修正済み重決定係数		0.584
(B) 県内拠点 県外関連	パラメータ	推定値	t値
	α	0.034	2.030
	β	2.376	18.405
	γ	-3.200	-26.000
	修正済み重決定係数		0.707
(C) 県外拠点 県内関連	パラメータ	推定値	t値
	α	9.345	23.989
	β	0.738	22.776
	γ	-1.797	-67.528
	修正済み重決定係数		0.679

この重力モデルに関して非線形回帰分析によりパラメータ推定を行う。このとき、自動車利用交通量の実績値としては道路交通センサ調査結果 (1999 年) を利用する。ここで居住人口は 2000 年時の国勢調査結果より設定した。一般化交通費用に関して、所要時間を時間価値により費用換算し、料金および燃料費との和をとり算出した。このとき、OD 間の所要時間については NITAS の経路データより算出し、通行料金額についてはインターネット経路検索サービス「ドラぷら」を用いて算出した。また、所得接近法により都道府県別の時間価値を算出し、出発地側ゾーンの位置する都道府県の時間価値により所要時間を費用換算している。たとえば徳島県在住者の時間価値は 47.7 [円/分] である。

OD ペアの区別に交通需要関数パラメータ推定結果を表 1 に示す。すべてのパラメータに関して統計的に有意となり、決定係数についても良好である。

推定したパラメータを用いて、圏域外との流入に関する自動車 OD 交通量を推計した。OD ペアの区別に往復合計の自動車 OD 交通量の推計結果を実績値と比較して図 1 に示す。

自動車 OD 交通量の実績値と推定値より算出した RMS 誤差を計算したところ、区分(A)で 694 台、区分(B)で 19 台、区分(C)で 28 台となった。しかしながら一部の OD ペアで推計誤差が大きくなっている。これらは徳島県内圏域外ゾーンとこれらと隣接している圏域内ゾーンとの OD ペアである。これは徳島県内圏域外ゾーンのゾーン中心の設定による所要時間の算定に関する問題であると考えられる。したがって推計精度の向上には、これらの圏域外ゾーンのゾーン設定の見直しが必要である。

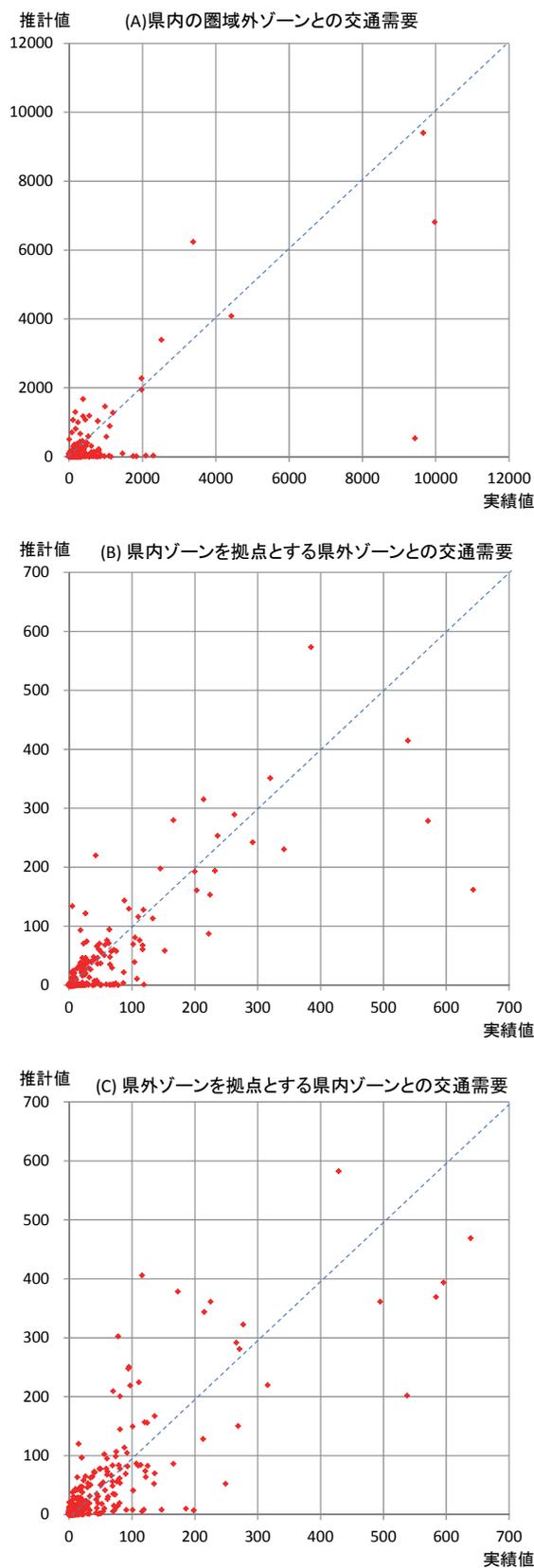


図1 圏域外流出入関連自動車 OD 交通量推計結果

(2) 統合型交通均衡配分モデルの構築

ここでは既往研究¹⁾で構築した統合型交通均衡配分モデルに、前節で示した圏域外との流出入交通需要関数を

組み込んで拡張する。

既往研究で開発された統合型交通均衡配分モデルでは、圏域内ゾーンペアでの自動車 OD 交通量をトリップ目的別に二項ロジット型交通機関分担モデルにより記述し、圏域外からの流出入ゾーンペアでの自動車 OD 交通量を交通需要関数型モデルで表現している。基本的な計算過程は既存の需要変動型利用者均衡配分モデルと同様に Frank-Wolfe 法³⁾に基づいている。

ここで圏域外からの流出入に関連する交通需要について、自動車の使用本拠に着目し、トリップの連鎖を考慮することを検討する。トリップの連鎖を考慮した交通均衡配分モデルは Maruyama et. al.によって既に開発されている⁴⁾。一方、本研究では圏域外からの流出入交通需要について、往復別の差異が少ないことから、往復を区別しないこととしている。このため、トリップの連鎖を考慮した交通均衡配分モデルを参考としつつ、トリップの連鎖をピストン型に限定して簡略化することとする。

以上のような検討の結果として、既往研究で開発された統合型交通均衡配分モデルを基本として、アルゴリズムを更新した。均衡解の算定過程においては、[1]自動車 OD 交通量の算出および[2]等価な数理計画問題の目的関数値の算出が、既往モデルと相違することになる。拡張した統合型交通均衡配分モデルにおける等価な数理計画問題の目的関数は式(2)のように表せる。

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw + \frac{1}{\xi} \sum_{a \in A} x_a \cdot \pi_a - \frac{1}{\xi} \sum_{rs \in \Omega_{Area}} \int_0^{q_{rs}} D_{rs}^{-1}(w) dw \\ & + \frac{1}{\xi} \sum_{rs \in \Omega_{Area}} \sum_m \int_0^{\hat{q}_{rs,m}} \left(\frac{1}{\theta} \ln \frac{w}{\bar{q}_{rs,m} - w} \right) dw - \frac{1}{\xi} \sum_{rs \in \Omega_{Area}} \sum_m \hat{q}_{rs,m} \frac{V_{rs,m}^{Pub}}{\theta_c} \end{aligned} \quad (2)$$

$t_a(x)$: リンク a の走行時間関数, x_a : リンク a の交通量,
 π_a : リンク a の課金額, ξ : 時間価値, q_{rs} : 圏域外との流出入 OD ペア rs 間の分布交通量(往復合計), $\bar{q}_{rs,m}$: 圏域内 OD ペア rs 間のトリップ目的 m における分布交通量, $\hat{q}_{rs,m}$: 圏域内 OD ペア rs 間の公共交通利用交通量, $V_{rs,m}^{Pub}$: 圏域内 OD ペア rs 間の公共交通利用の確定効用, Ω_{Area} : 圏域内の起点-終点ペアの集合, $D_{rs}^{-1}(w)$: 圏域外との流出入 OD ペア rs 間の交通需要関数の逆関数

ここで第1項および第2項は需要固定型利用者均衡配分モデルの目的関数⁵⁾と同一である。一方、第3項は圏域外との流出入に関する経路交通費用(往復合計)の時間換算の積分値、第4項は圏域内々の経路交通費用の時間換算の積分値、第5項は圏域内々の公共交通費用合計の時間換算値であり、既存の需要変動型利用者均衡配分モ

デルおよび既存の機関分担 - 配分統合モデルより容易に導出できる。

以上のようなモデル構造を規定することで、圏域外からの来訪交通需要を区別して、高速道路の料金設定に対応した交通需要を推計することが可能となる。

3. 高速道路料金政策の影響分析

ここでは、構築した統合型交通均衡配分モデルを用いて、高速道路料金政策が地方都市圏の交通流動へ与える影響について分析する。

(1) 現況再現性の検証

拡張した統合型交通均衡配分モデルの現況再現性を検証する。このため、統合型交通均衡配分モデルを用いて、現行の高速道路料金設定に対応した利用者均衡状態を推計した。このとき、PT 調査結果より得られた平均乗車人員 1.1[人/台]を利用している。

区間交通量の推計精度を検証するために、実績値として道路交通センサス一般交通量調査データ(1999 年)を用いる。平日調査区間の区間交通量の実績値と推計値を比較して図 2 に示す。実績値と推定値より算出した RMS 誤差および相関係数を計算したところ、RMS 誤差は 9554 台、相関係数は 0.892 となり推計精度は概ね良好である。しかしながら一部 3 万台前後の過大推計となっている区間がある。これらは徳島市内中心部の国道 192 号線上の区間である。これは、ゾーン区分設定の影響であると考えられる。このため推計精度向上には、道路ネットワークの詳細さに対応したゾーン区分の設定が必要であると考えられる。

(2) 社会的指標に基づく影響評価

ここでは、典型的な高速道路料金政策として、全高速道路における完全無料化と上限 2000 円化を取り上げる。現行料金設定および 2 種類の料金設定に対して、拡張した統合型交通均衡配分モデルにより各 OD 間の交通量と所要時間を推計する。

4. おわりに

本研究では、自動車の使用本拠に着目して、高速道路料金設定に対応した統合型交通均衡配分モデルを拡張し、高速道路料金政策の影響分析を行った。本研究の成果は以下のように整理できる。

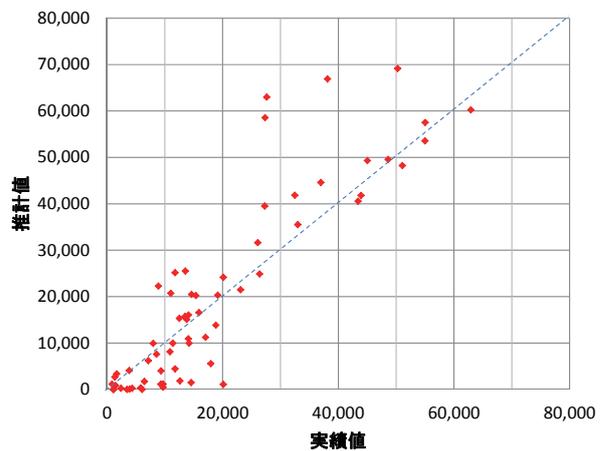


図 2 リンク交通量の現況再現性

- 1) 圏域外からの流出入ゾーンペアにおける交通需要について、往復を区別する必要性が小さいことを示すと同時に、自動車の使用本拠により区分した重力モデル型交通需要関数を用いて表現した。道路交通センサス調査データを用いて、交通需要関数パラメータを推定し、推計精度の検証により、提案した交通需要関数の適用性を示した。
- 2) 既往研究で構築された統合型交通均衡配分モデルに、自動車の使用本拠により区分した圏域外との流出入交通需要関数を組み込むとともに、均衡解算定アルゴリズムについても拡張した。来訪交通需要を区別して、高速道路の料金設定に対応した交通需要推計が可能となった。

今後の課題としては、(1) 高速道路料金政策における圏域外での所要時間変化の影響も評価可能なモデルの構築、(2) 圏域内ゾーンおよび徳島県内圏域外ゾーンのゾーン設定の見直しなどが挙げられる。

参考文献

- 1) 堀広毅, 奥嶋政嗣: 高速道路料金政策の地方都市圏への影響分析のための統合型交通均衡配分モデルの構築, 土木計画学研究・講演集, No.44, 8pages, 2011.
- 2) 文世一, 秋山孝正, 奥嶋政嗣: 道路ネットワークにおける次善の混雑料金—都市高速道路の役割に着目して—, 応用地域学研究, 第 12 号, pp. 15-25, 2007.
- 3) 土木学会・土木計画学研究委員会・交通需要予測技術検討小委員会編: 道路交通需要予測の理論と適用 第 II 編利用者均衡配分モデルの展開, 土木学会, pp.163-172, 2006.
- 4) Maruyama, T. and Harata, N.: Difference between area-based and cordon-based congestion pricing: Investigation by trip-chain-based network equilibrium model with non-additive path costs, Transportation Research Record, No.1964, pp.1-8, 2006.