

駐車デポジットシステムの評価モデルに関する一検討

熊本大学 正会員 円山 琢也

1. はじめに

交通混雑などの都市交通問題の解決を意図した混雑課金政策については、利用者の受容性が低いことが古くから課題とされてきた。この課題に対し、駐車デポジットシステム（以下、PDS とする）と呼ぶ新たな課金政策が提案されている。これは、課金対象地域に流入する全車両に対し、一時的に課金を徴収するが、地域内で買い物また駐車場に駐車したドライバーには、それらの代金の一部に充当するように、課金分から返金が行われるという仕組みである。このシステムは、受容性の向上を目指した課金政策の一例であり¹⁾、大規模なモデルを用いた導入評価も行われている²⁾。

本研究は、筆者らが先行研究^{3), 4), 5)}で構築したモデルを改良することで、PDS 評価のための一手法を提案し、実都市圏で試算を行うことを目的としている。

2. トリップ・チェーン型ネットワーク均衡モデルの改良

Maruyama and Harata³⁾ は、コードン課金とエリア課金を比較分析するために、以下のような等価最適化問題から構成されるトリップ・チェーン（以下、TC）型ネットワーク均衡モデルを提案した。

$$\min . Z_1(\mathbf{x}(\mathbf{g}), \mathbf{h}) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_n \sum_{m \in M_1} \tau_1 g_n^m - \sum_n \int_0^{h_n} D_n^{-1}(\omega) d\omega \quad (1)$$

subject to

$$h_n = \sum_m g_n^m, \quad \forall n, \quad (2)$$

$$x_a = \sum_{m,n} \delta_{a,n}^m g_n^m, \quad \forall a, \quad (3)$$

$$x_a \geq 0, h_n \geq 0, g_n^m \geq 0. \quad (4)$$

ここで、

x_a : リンク a の交通量;

$t_a(\cdot)$: リンク a のリンクコスト関数;

τ_1 : 課金額;

g_n^m : TC n における TC 経路 m の交通量;

M_1 : 課金される TC 経路集合;

h_n : TC n の交通量;

$D_n^{-1}(\cdot)$: TC n に対応した逆需要関数;

$\delta_{a,n}^m$: TC n における TC 経路 m にリンク a が含まれれば 1, それ以外では 0 を取る変数;

とする。また、 $\mathbf{x}, \mathbf{g}, \mathbf{h}$ は、それぞれ x_a, g_n^m, h_n を要素とするベクトルとする。

ここで、TC n とは、1 日の移動の出発地から最終目的地までで、利用者がある活動を行うために必ず経由するノードの集合で定義される。TC 経路 m とは、利用者の 1 日の移動において通過するリンクの集合で定義される。このモデルは、非加法型経路コストを考慮できるため、エリア課金の評価に有効である^{3), 4), 5)}。

さて、PDS は、利用者の目的地・経由地によって実質課金額が変化するため、TC 別に課金額を表現できるように、以下、このモデルを改良する。PDS のもとでは、課金区域内に目的地あるいは中継地ノードを持つ利用者に対して、課金額 τ_1 のうち一定割合 ρ が利用者に返金されると仮定しよう。課金区域内に目的地あるいは中継地ノードを持つ TC の集合を N_1 とする。すると、TC $n \in N_1$ の利用者に対する、実質課金額 (= 課金額 - 返金額) は、 $(1-\rho)\tau_1$ となる。また、TC n における、TC 経路 m の一般化費用は、次のように表現できる。

$$c_n^m = \begin{cases} \sum_a \delta_{a,n}^m t_a(x_a) + (1-\rho)\tau_1, & \text{if } m \in M_1, n \in N_1 \\ \sum_a \delta_{a,n}^m t_a(x_a) + \tau_1, & \text{if } m \in M_1, n \notin N_1 \\ \sum_a \delta_{a,n}^m t_a(x_a), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

すると、以下のような等価最適化問題が構成できる。

$$\min . Z_2(\mathbf{x}(\mathbf{g}), \mathbf{h}) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_{n \in N_1} \sum_{m \in M_1} (1-\rho)\tau_1 g_n^m + \sum_{n \notin N_1} \sum_{m \in M_1} \tau_1 g_n^m - \sum_n \int_0^{h_n} D_n^{-1}(\omega) d\omega \quad (6)$$

subject to (2) ~ (4)

等価性の証明は、先行研究³⁾と同様のため省略する。解の一意性についても同様であり、 $\mathbf{h}, \mathbf{x}$ は一意であるが、 $\mathbf{g}$ は一意とは限らず、また課金収入は一意に定ま

キーワード: 混雑料金, ロード・プライシング, ネットワーク均衡モデル

連絡先: 〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学政策創造研究教育センター

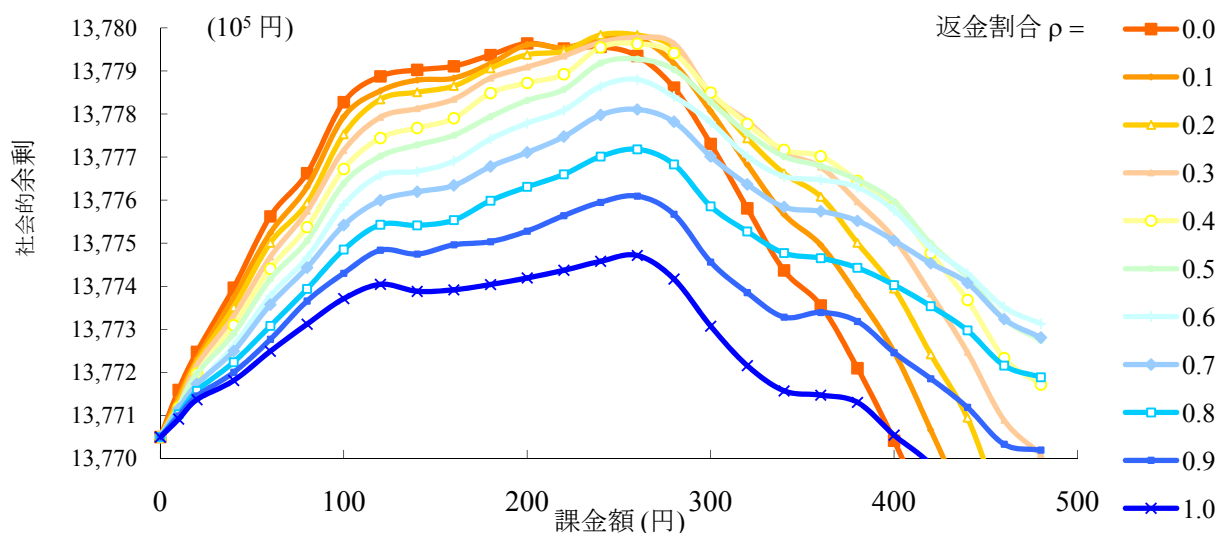


図-1 PDS による社会的余剰の変化 (宇都宮都市圏: 課金地域 A)

る. さらに, この問題は, 部分線形化法により効率的に解く事ができる. この際に,

$$d_n^l = \sum_{m \in M_l} g_n^m \quad \forall n, p \quad (7)$$

という変数を定義すれば, 目的関数(6)が, TC 経路交通量を利用しなくとも表現できることを利用すると, このモデルは大規模ネットワークへも適用できる.

3. 宇都宮都市圏への適用

本モデルを Maruyama and Sumalee⁴⁾ と同一のパラメータなどの条件の下で宇都宮都市圏に適用した. 外環状道路の内側に設定された課金区域 A (面積 約 66km²) にエリア型課金による PDS を導入し, 課金額・返金割合を変化させた場合の社会的余剰の変化を計算したものを図-1 に示す.

この図-1 において, $\rho=0$ とは, 通常のエリア課金に他ならず, 課金額 200 円付近が最適課金レベルとなっている. 興味深いことに, 返金割合 ρ を増加させていくと, 最適課金レベルはわずかながら増加し, 最適課金時の社会的余剰も, 返金なしの場合よりも, わずかながら増加している. この図に示されている範囲においては, 最適課金レベルは 240 円で, 最適返金割合は $\rho=0.2$ (20%の返金)ということになる.

課金レベル 240~280 円, 返金割合 $\rho=0.0 \sim 0.4$ の範囲においては, 社会的余剰はほぼ等しい値を取るが, ρ をその範囲を超えて増加させると, 社会的余剰の最適値は減少を続ける. 同時に, 社会的余剰関数の形状は, 厳密に凸とは言えなくなる傾向が読み取れる.

4. おわりに

本研究は, PDS 評価のためのトリップ・チェーン型ネットワーク均衡モデルの改良形と, それによる実都市圏における評価の一例を示した. このモデルは, トリップ・チェーン単位の直接需要関数を用いており, PDS による交通行動の詳細な変化を描写したのではなく, その点に限界はある. 但し, 単純なモデル構造であることで, 比較的大規模な都市圏ネットワークへの適用においても計算時間は少なく済むという特徴がある. 今後は, この特徴を生かして課金領域・課金レベル・返金割合の最適決定問題などへの展開を検討していきたい.

参考文献

- 1) 安藤章, 森川高行, 三輪富生, 山本俊行: ロードプライシングの受容意識構造を踏まえた駐車デポジットシステム (PDS) の有効性の検証, 都市計画学会論文集, No.42-3, pp.907-912, 2007.
- 2) 金森亮, 森川高行, 山本俊行, 三輪富生: 時間帯別・確率的統合均衡モデルを用いた駐車デポジットシステムの導入評価, 土木計画学研究・論文集, Vol.24, No.4, pp.915-926, 2007.
- 3) 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*, 1964, pp.1-8, 2006.
- 4) Maruyama, T. and Sumalee, A.: Efficiency and equity comparison of cordon- and area-based road pricing schemes using a trip-chain equilibrium model, *Transportation Research Part A*, 41(7), pp. 655-671, 2007.
- 5) 円山琢也: エリア・プライシング政策の評価技術, 都市計画, 264, pp. 42-47, 2006.