

時間帯別・統合均衡モデルによる走行距離型プライシングの導入評価*

Evaluation of Distance Pricing with Semi-Dynamic Combined Stochastic User Equilibrium Model*

金森 亮**・森川高行***・三輪富生****・左 志*****

By Ryo KANAMORI**・Takayuki MORIKAWA***・Tomio MIWA****・Zhi ZUO*****

1. はじめに

課金政策は、地球環境問題の深刻化、ICT/ITS技術の進展、海外の成功事例によって実現性が高まり、近年再び注目されている交通施策である。しかし、実現化への障壁となっているのが社会的受容性の問題であり、これは主に自動車利用に対する新たな課金に対する負担感と、課金対象エリアへの来訪者減少の不安感からであろう。そのため、受容性の高い課金システムや課金パターンを提案すること、より詳細で精緻な交通需要予測手法を用いた施策評価結果を公開していくことが必要である。

筆者らは、課金政策に対する受容性向上を目指し、課金対象エリアへの真の来訪者には課金額の一定割合を返金する駐車デポジット制度（以下、PDS）¹⁾を提案しており、名古屋都市圏を対象としたアンケート調査より市民の賛同状況を分析し²⁾、時間帯別・統合均衡モデルにて導入評価を行い³⁾、PDSの特性を把握している。その他、近年新たに提案された課金システムは円山⁴⁾が整理しているが、クレジット型課金制度⁵⁾やボトルネック通行権取引制度⁶⁾は大変興味深いシステムである。

現在、実際に導入されている課金システムとしては、対象エリアに流入する毎に課金するコードン型（シンガポール、ノルウェー他）、対象エリア内での全ての走行に対して1日単位で課金するエリア型（ロンドン）があるが、今後、GPSを搭載したプローブカーの普及により、対象エリア内での走行距離や走行時間に応じて課金するシステム⁷⁾がより効果的であると考えられる。我が国では高速道路へのETC導入を背景として都市高速道路の最適な通行料金設定⁸⁾が最も現実的ではあるが、鉄道など自動車代替交通手段が整備されており、交通渋滞が慢性化している都心部の交通状況改善を目的として、本研究

では、走行距離型に注目する。走行距離型は、コードン型やエリア型で課金対象外となる対象エリア内々交通増加、迂回交通による対象エリア周辺の交通量増加や沿道環境悪化の傾向を軽減することが期待される。

本稿では、名古屋都市圏を対象として構築された時間帯別・統合均衡モデル⁹⁾を改良し、名古屋市都心部を課金対象エリアと想定してコードン型、コードン型のPDS、走行距離型の導入評価を行い、比較分析する。

2. 評価ツール

本稿では各課金政策の評価ツールとして、筆者らが構築/改良している時間帯別・統合均衡モデル¹⁰⁾を基本とし、新たに以下の様に改良した。本評価ツールを用いることで、課金による自動車の経路選択変更に加えて、交通手段変更、自由・業務目的の目的地変更といった交通行動変化を明示的に評価でき、走行速度や環境排出量の改善効果なども分析することができる。

- 課金政策の短期的効果を把握するため、勤務先/通学先は与件として、図-1に示す活動内容-目的地-交通手段-経路の4レベルのNested Logitモデルにて記述される活動・交通行動モデルを再構築

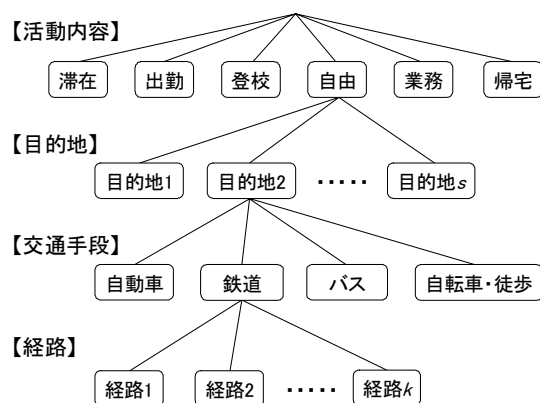


図-1 活動・交通行動の選択ツリー構造

- 各課金政策の反映方法は、コードン型とPDSは対象エリアの流入リンクに課金相当額を設定し、走行距離型は対象エリア内の全一般道路リンクに単位距離当たりの課金額を設定
- コードン型、走行距離型の課金は高速道路の利用

* キーワード：交通ネットワーク分析、TDM、ロードプライシング

** 正会員，博（工），名古屋大学大学院環境学研究所
(名古屋市千種区不老町C1-3 (651) 402室, Tel:052-789-3730,
E-mail:kanamori@trans.civil.nagoya-u.ac.jp)

*** 正会員，Ph.D.，名古屋大学大学院環境学研究所
(Tel:052-789-3564, E-mail:morikawa@nagoya-u.jp)

**** 正会員，博（工），名古屋大学大学院工学研究所
(Tel:052-789-3565, E-mail:miwa@civil.nagoya-u.ac.jp)

***** 学生会員，修（工），名古屋大学大学院環境学研究所
(Tel:052-789-3730, E-mail: zuozhi@trans.civil.nagoya-u.ac.jp)

状況結果より推計された時間価値にて時間単位に変換し、PDSは実質課金額（課金額－返金額）を変換

コードン型やPDSは、対象エリアに自動車にて入域するかしないかの判断が高速道路の利用判断に類似しているといえるが、走行距離型は走行距離に関連するガソリン価格に対する感度を用いた方が望ましい。昨今のガソリン価格高騰に対する一般市民の敏感な反応をみると、高速道路の利用基準とは大きく異なる可能性が高い。走行距離型課金に相応しい換算パラメータの算出と適用は今後の課題である。

3. 各課金政策の導入評価

(1) ケース設定

名古屋都市圏を対象として、前述の評価ツールを用いてコードン型、コードン型のPDS、走行距離型の導入評価を行う。課金対象エリアは、図-2に示す名古屋駅、栄駅、金山駅を含む名古屋市中心部（面積25.5km²）であり、分析対象時間帯は朝ピーク3時間帯（7～10時）とする。

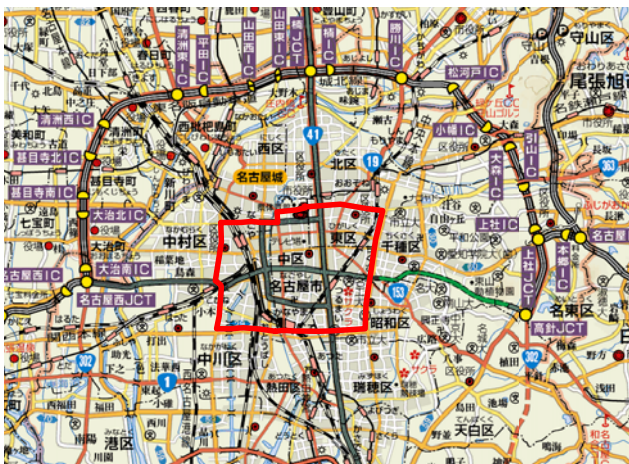


図-2 課金対象エリア（赤枠内）

各課金政策のケース設定は表-1の通りである。

表-1 ケース設定

ケース	課金額	備考
課金無し	0円	・2005年の交通ネットワーク、人口による推計値
コードン	500円	・名古屋市内の平均往復乗車運賃を参考に設定
PDS	実質課金額：200円 (課金額：500円 返金額：300円)	・中心市街地の時間貸駐車場を30分程度利用した場合の料金を返金すると想定
走行距離	100円/km	・5km四方の対象エリアを通過時に500円程度課金されることを想定

基本ケースである「課金無し」は、第4回中京都市圏PT調査をベースに構築した評価ツールにて、2005年の名古屋都市圏の交通ネットワーク状況と人口を入力値として推計した結果である。推計された自動車リンク交通量は、2005年道路交通センサスの断面交通量を観測交通量とした場合、相関係数：0.83、回帰係数：1.02であり、また、鉄道リンク交通量は、2005年大都市交通センサスを観測交通量とした場合、相関係数：0.91、回帰係数：0.71であった。鉄道リンク交通量が若干の過小推計となっているが、課金政策の導入評価に耐え得る再現性を有していると判断し、分析を進める。

(2) 導入評価分析

各ケースの朝ピーク3時間帯における課金対象エリアの交通手段別集中量を集計したものが図-3である。出勤・登校目的が大部分を占めるため、対象エリアの集中量合計のケース毎の変化は小さくなっている、ただし、コードン型では、課金無しよりも自由目的が7%減、業務目的が13%減となり、合計で6千トリップの減少となっている。交通手段別の課金政策導入効果をみると、コードン型は自動車が14%減り、鉄道・バスがそれぞれ4%増加している。返金が伴うPDSでは、業務目的が6%減少となり、コードン型に比べて自動車の減少幅が小さく、課金無しの状態に近くなっている。走行距離型をみると、対象エリアに少しでも入域するには500円が必要となるコードン型と比較して、数百円で入域可能な走行距離型の割安感と、対象エリア内々自動車交通の課金への抵抗感が混在した結果、交通手段構成はPDSと同程度となっていることが分かる。なお、走行距離型の目的構成もPDSと同様となっている。

また、図には示していないが、名古屋市関連トリップを集計した結果、全ての課金政策で課金無しと比較して合計値と目的構成は1%未満の変化であり、交通手段別では自動車が1～3%減、鉄道が1～2%増となり、コードン型で最も大きな変動がみられた。

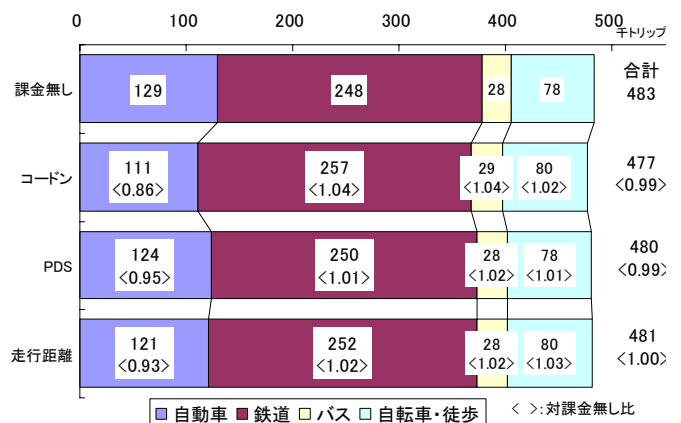


図-3 課金対象エリアの交通手段別集中量

表-2 ODパターン別交通量の変動（課金無し比）

ODパターン		コードン			PDS			走行距離		
		合計	自動車	鉄道	合計	自動車	鉄道	合計	自動車	鉄道
① 対象エリア	⇒ ①	0.99	1.01	0.99	1.00	1.01	1.01	1.00	0.92	1.06
	⇒ ②	0.98	0.97	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.92	1.06
	⇒ ③	1.00	0.99	1.02	0.99	1.00	0.99	1.00	0.97	1.05
② 名古屋市内 (対象エリア除く)	⇒ ①	0.98	0.82	1.06	0.99	0.94	1.02	0.99	0.93	1.03
	⇒ ②	1.01	1.00	1.02	1.00	0.99	1.03	1.00	0.99	1.02
	⇒ ③	1.01	1.00	1.02	1.00	1.00	1.01	1.01	1.00	1.02
③ 名古屋市外	⇒ ①	0.99	0.83	1.02	0.99	0.96	1.00	1.00	0.96	1.00
	⇒ ②	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	⇒ ③	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00

表-3 自動車交通・環境関連指標の改善効果（課金無し比）

	対象エリア 通過交通量	走行台キロ		平均速度		渋滞損失時間		CO ₂ 排出量	
		対象エリア	名古屋市計	対象エリア	名古屋市計	対象エリア	名古屋市計	対象エリア	名古屋市計
コードン	-73.8%	-21.0%	-3.0%	3.5%	2.2%	-65.8%	-15.5%	1.0%	-1.8%
PDS	-76.1%	-16.8%	-1.7%	2.9%	1.7%	-56.5%	-13.5%	-0.1%	-1.5%
走行距離	-38.4%	-28.1%	-2.5%	4.6%	1.9%	-88.2%	-14.7%	-5.9%	-3.2%

表-4 各種便益の算出結果（都市圏計）

	利用者便益	CO ₂ 排出量	課金収入	高速道路通行料金 公共交通運賃収入	合計
コードン	-45.92	0.02	61.30	2.84	18.23
PDS	-28.78	0.02	31.72	2.22	5.18
走行距離	-40.37	0.04	60.05	3.27	23.00

単位: 百万円

表-2は、①対象エリア、②対象エリアを除く名古屋市内、③名古屋市外に区分したODパターン別交通量の変動をまとめたものである。どの課金政策においても、全てのODパターンで合計値の変動幅は3%以内となっており、都市圏全体で大まかにみると課金政策による影響は大きくはない。交通手段別として自動車と鉄道に注目すると、コードン型では、対象エリア外からエリア内への自動車流入交通量が15%以上と大幅に減少し、鉄道に転換していることが確認できる。PDSは、コードン型と変動傾向は同様であるが、自動車から鉄道への転換は少なくなっている。一方、コードン型とPDSの対象エリアの自動車内々交通は共に1%であるが増加している。これは、課金による通過交通の排除効果によって、対象エリア内のサービスレベルが向上するため、課金対象外である自動車内々交通が増加するものである。課金対象エリアが広い場合、この自動車内々交通の増加量は無視できるものではなく、コードン型の大きな欠点である。

走行距離型の変動をみると、対象エリア外からエリア内への自動車流入交通量の減少幅はPDSと同程度であるが、対象エリア内々と内外の自動車交通量が8%減少し、鉄道利用が増加していることが確認できる。これは、まさに走行距離型の特長であり、コードン型の欠点を補うものである。

続いて、自動車交通・環境関連指標の改善効果（表

3) より、課金政策によってこれらの指標は改善される方向にあることが分かる。通過交通の排除効果はコードン型とPDSが75%程度と大きく、走行距離型はその半分程度の効果しかない。コードン型よりもPDSの方が排除効果が高いのは、返金による流入交通量回復によって、エリア内の通過時間がコードン型よりも増加しているためと想像される。走行台キロ、平均速度、渋滞損失時間は、対象エリア内の全ての自動車交通が課金対象となる走行距離型で最も効果が大きくなっているが、最も効果が小さいPDSでも名古屋市全体で走行台キロが2%減少、平均速度が2%上昇する。CO₂排出量をみると、名古屋市全体ではどの課金政策も減少が確認されたが、対象エリア内に限定すると、自動車内々交通が増加するコードン型とPDSは増加する可能性があることを示唆する結果となった。近年の課金政策の導入目的として、環境負荷削減のウェイトが大きくなりつつあるため、最適な課金システム、課金対象エリアと課金時間帯、課金パターンの選定は重要な分析事項である。

最後に、各課金政策導入による便益を項目別に算出し、まとめたものが表-4である。利用者便益は、活動・交通行動モデルより導出される、ODレベルのログサム変数（期待最小費用）を用いた台形公式にて算出した。具体的には、ODレベルのログサム変数を自動車の所要時間のパラメータで時間換算し、費用便益分析マニ

ュアル¹¹⁾で紹介されている乗用車の時間価値62.86円/分で貨幣換算した。また、自動車からのCO₂排出量減少効果の貨幣評価原単位は、2,300円/t-c¹²⁾を用いている。

利用者便益をみると、全ての課金政策でマイナスとなるが、PDSは返金によって大きく改善されている。課金収入はコードン型と走行距離型は想定通り同程度となり、PDSは返金分だけ小さくなる。便益の合計をみると、今回のケースでは走行距離型が23.0百万円と最も高くなり、PDSが5.2百万円と最も低くなった。ただし、利用者便益が受容性の困難さを表す1つの代理変数と想定した場合、走行距離型の賛同率はコードン型と同程度であるといえる。受容性を考慮した場合、PDSの課金システムの優位性は高く、走行距離型のPDSの導入など、今後、様々な課金システム、課金パターンの比較評価が必要であろう。

4. まとめと今後の分析方針

本稿では、詳細な評価分析による社会的受容性の高い課金システムの探求を目標として、名古屋都市圏を対象として構築/改良されている時間帯別・統合均衡モデルを用いて、コードン型、PDS、走行距離型の課金政策導入評価を行った。朝ピーク3時間帯で名古屋都心部を課金対象エリアとした場合、課金政策導入によって名古屋市全体の走行台キロ、平均速度、CO₂排出量は改善され、プラスの便益が生じることを確認した。コードン型は高い通過交通排除効果を有するが、課金対象外となる対象エリア内々の自動車交通増加によりエリア内のCO₂排出量が増加する可能性があることを示した。返金が特徴的なPDSは、他の課金システムと比べて利用者便益の減少幅が小さくなり、受容性の高い課金システムであることを裏付ける1つの根拠として解釈した。走行距離型は、受容性の検討は全く行っていないが、コードン型と同程度の負担を想定した課金設定の場合、コードン型で問題となった対象エリア内々自動車交通は十分に減少し、平均速度やCO₂排出量、便益の各指標で最も大きい効果があることを確認した。

今後の分析方針としては、今回は、課金対象エリア、課金パターンを所与として分析を進めたが、これらの最適な組合せを算出していく必要がある。課金政策に関する諸条件を組合せた膨大なパターンから効率的に最適パターンを選定する研究事例¹³⁾もあるため、これらを参考にして、走行距離型の課金システムを対象として作業を進めていく予定である。

本稿では、走行距離型の課金設定において、全ての一般道路に共通の課金額を設定した。高速道路や一般国道など道路種別による差別化や地域特性を考慮した課金設定によって、より効率的なサービスレベルが提供できよ

う。また、将来的には、今後のさらなるICT/IT技術の発展により、ファーストベストな最適課金を設定したり、交通状態を達成する⁶⁾ことが可能となろう。この際に重要となるのが社会的受容性の問題である。最適課金な交通状態を達成できる技術が得られたとしても、一般市民の賛同を得られないような高額な課金パターンが算出される可能性は否定できない。環境意識の高まりや地球環境問題への取り組みの義務化により、受容性への配慮はそれほど問題にならない可能性もあるが、全ての個人（もしくはODペア）毎に受容可能性が低くない課金額、例えば公共交通利用時の運賃などを課金額の上限とし、最適な走行距離型課金システムと課金パターンを探索する手法の開発と導入評価に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 森川高行：ITS で街をみがく～愛知・名古屋での取り組み～、交通工学、Vol.38, No.4, pp.5-10, 2003.
- 2) 例えば、安藤 章、森川高行、山本俊行、三輪富生：ロードプライシングの受容意識を踏まえた駐車デポジットシステム (PDS) の有効性の検証、都市計画論文集、No.42-3, pp.907-912, 2007.
- 3) 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場デポジットシステムの導入評価、土木計画学研究・論文集、Vo.24 No.4, pp.915-926, 2007.
- 4) 円山琢也：ピーク・ロード・デポジット制度の提案及びその評価モデル、土木計画学研究・講演集、Vol.37, 2008.
- 5) Gulipalli, P. K. and Kockelman, K.M. : Credit-based congestion pricing: A Dallas-Fort Worth application, Transport Policy, Vol.15 Issue 1, pp.23-32, 2008.
- 6) 赤松 隆：一般ネットワークにおけるボトルネック通行権取引制度、土木学会論文集D, Vol.63 No.3, pp.287-301, 2007.
- 7) May, A.D. and Milne, D.S : Effects of alternative road pricing systems on network performance, Transportation Research Part A, Vol.34 No.6, pp.407-436, 2000.
- 8) 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、No.12, pp.15-26, 2007.
- 9) 金森 亮、三輪富生、森川高行：活動選択を考慮した時間帯別・統合均衡モデルの構築と適用、土木計画学研究・論文集、Vo.24 No.3, pp.545-556, 2007.
- 10) 金森 亮、森川高行、山本俊行、三輪富生：都市交通戦略の策定に向けた統合型交通需要予測手法の開発、土木計画学研究・講演集、Vol.37, 2008.
- 11) 国土交通省 道路局 都市・地域整備局：費用便益分析マニュアル、2003.
- 12) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資の評価に関する指針 (案)、1998.
- 13) 例えば、Shepherd, S and Sumalee, A : A Genetic Algorithm Based Approach to Optimal Toll Level and Location Problem, Networks and Spatial Economics, Vol. 4, pp.161-179, 2004.