

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*

An Evaluation of Parking Deposit System by Semi-Dynamic Combined Stochastic Equilibrium Model*

金森 亮**・森川高行***・山本俊行****・三輪富生*****

By Ryo KANAMORI**・Takayuki MORIKAWA***・Toshiyuki YAMAMOTO****・Tomio MIWA*****

1. はじめに

(1) 本研究の背景

自動車交通が集中する都市部などでは、交通渋滞の慢性化、交通事故の増大、違法駐車、大気汚染や騒音などの問題が生じている。また、地球温暖化の最大の原因であるCO₂の排出量削減に向けて、交通運輸分野でも取り組みが必要となっている。これらの問題の大部分は、自動車利用の適正化・抑制によって解決することができるため、交通基盤整備に加えて、TDM 施策を組み合わせ実施・検討されている。

TDM 施策の1つであるロードプライシング(RP)は、ITS 関連技術の進歩や海外事例¹⁾によって注目を集めつつあり、我が国でも東京都にて導入検討²⁾がなされている。最近の海外事例としては、2003年2月よりロンドンにて実施されているRP(課金方式:エリア型, 課金額: £5(2005年5月より£8), 課金時間: 平日7:00~18:30)が挙げられ、大幅な自動車交通量の削減と渋滞緩和(平均30%減少)が報告¹⁾されており、RP導入の有効性が実証されている。

大きな導入効果が実証されている一方、RP導入に際して大きな障害となっているのが、主に罰金的手法としての色彩が強いことに起因する受容性の低さ、合意形成の難しさである。実際にエンジンバラではRP導入に関する住民投票の結果、75%の反対という大差で中止が決定されている¹⁾。そのため、課金収入の使途を併せて説明することによる賛否意識の変化や要因分析³⁾、心理学的に居住地特性を考慮した説明方式⁴⁾など、RP導入への合意形成の方法論に関連する研究が進められている。

一方、森川は、受容性向上を実現するRPの新たなシステムとして、駐車デポジットシステム(PDS)を提案

している⁵⁾。詳細は本稿中にて説明するが、PDSは課金対象エリアに流入しても、エリア内で駐車場を利用したり買い物をした場合には、返金額の設定により実質的な徴収額が軽減されるシステムである。つまり、主として対象エリアの通過交通車両と違法駐車車両を対象に課金を行うため、通常のRPと比べて、市民や事業者・商業主の受容性が向上すると期待される施策である。

しかし、新たなシステムであるPDS導入による交通行動の変化、自動車交通量の削減効果などを評価した事例はこれまでになく、通常のRPとどのような差異があるのかなど、比較検証することが必要である。

(2) RP導入評価の既存研究

RPには様々な課金方式があり、対象地区境界で流入時にその都度課金するコードン型、対象地区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、対象地区内の走行距離に応じて課金する走行距離型などがある。May and Milne⁶⁾はコードン型、走行距離型、走行時間型、混雑応答型の各種RPの導入比較を行っている。Maruyama and Harata⁷⁾はコードン型とエリア型の各RPに対して、トリップチェーンを考慮した均衡モデルにて比較評価している。野村・秋山⁸⁾は遺伝的アルゴリズムを用いて、ゾーン別最適課金パターンを分析している。しかしながら、これらの研究では需要関数として交通行動を明示的に表現していない直接需要関数を用いているため、交通行動の変化を詳細に分析することが困難である。

RP導入による交通行動の変化としては、交通手段選択や経路選択に加えて、移動自体の必要性の有無(来訪頻度選択)、出発時刻選択、目的地選択などが考えられる。これらの交通行動のうち、円山ら⁹⁾は交通手段選択と経路選択を考慮し、de Palma *et al.*¹⁰⁾は出発時刻選択、交通手段選択と経路選択、Gentile *et al.*¹¹⁾は発生状況、交通手段選択と経路選択を考慮してRPを評価している。しかし、目的地選択を含む交通行動を考慮した研究はみられない。

(3) 本研究の目的

本研究の目的は、PDSと通常のRPを実都市圏に導入した場合の交通行動の変化、自動車交通の関連指標の比

*キーワード: TDM, ITS, ロードプライシング, 受容性

**学生会員, 修(工), 名古屋大学大学院環境学研究科

(名古屋市中種区不老町, TEL052-789-3730,

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科

(TEL052-789-3564, E-mail: morikawa@nagoya-u.jp)

****正会員, 博(工), 名古屋大学大学院工学研究科

(TEL052-789-4636, E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp)

*****正会員, 博(工), 名古屋大学大学院工学研究科

(TEL052-789-3565, E-mail: miwa@civil.nagoya-u.ac.jp)

較を通じて、PDS の導入効果を評価することである。

RP や PDS は自動車交通に大きな影響を及ぼしサービスレベルの変化をもたらすため、評価ツールとしては、これらの変化を再現でき、それに伴う交通行動の変化を考慮できる（交通行動モデルを組み込むことができる）統合均衡モデルを用いることが望ましい。また、PDS は、課金対象エリアを目的地とする場合、返金額によりその他の自動車利用者と交通サービスレベル（実質課金額＝課金額－返金額）が異なるため、目的地が課金対象エリアの内外かで区別したマルチクラス型の均衡配分モデルを適用することが妥当であろう。加えて、ロンドンの RP 導入結果¹²⁾によると、交通手段や経路、来訪頻度の変更に加えて、目的地の変更も確認されていること、前述したように PDS では目的地が対象エリアの内外で交通サービスレベルが異なることから、既存研究にはみられなかった目的地選択の考慮は必要であると考えられる。

一方、著者らは名古屋都市圏を対象として誘発需要や活動・交通行動の前後の連関性（トリップチェーン）を考慮できる時間帯別・確率的統合均衡モデルを構築している¹³⁾。これは活動内容－目的地－交通手段－経路の各選択からなる活動・交通行動モデルを内包し、自動車所要時間の時間帯間の相互干渉を考慮した均衡モデルである。

本研究では、先の評価ツールとして具備すべき要件を鑑み、目的地選択を含む活動・交通行動の変化を表現できる既存の時間帯別・確率的統合均衡モデル¹³⁾をベースとして、実質課金額が異なるクラスを考慮するために、マルチクラス型に改良した均衡モデルを、評価ツールとして用いる。

2. 駐車デポジットシステム（PDS）の概要

PDS は、受容性と柔軟性の高い新たなロードプライシングとして提案⁵⁾されている。具体的には、ドライバーは課金対象エリアに流入する際に課金されるが、エリア内で駐車場を利用したり買い物をする場合はデポジット金として精算に利用でき、結局、通過交通と路上駐車ドライバーのみに課金されるシステムである。通常の RP と比べて罰金的色彩が軽減されるため、受容性の向上が期待できるとともに、流入交通の適正化と違法駐車対策を一体的に遂行できるシステムである。また、返金額（デポジット金として利用可能な金額）を柔軟に設定できるため、地域の交通事情に応じて最適な運用形態を取ることができる特徴もある。

また、課金収入は、道路の交通サービスレベル改善に利用する方法に加えて、交通エコポイント、都心部カーシェアリング、P&R など、環境に優しい交通施策として重要性は認識されているが財源が乏しいために苦戦している施策の財源として確保し、アメとムチの交通施策の

パッケージ化による交通マネジメントの実現化も提案⁵⁾されている。

課金対象エリアや課金額と返金額の設定、課金対象車両や徴収方法などの詳細な事項については、現在、国土交通省の“道路政策の技術研究開発”の一環として、検討中である¹⁴⁾。

ところで、2006 年 11 月に技術研究開発¹⁴⁾の一部として実施された PDS に関するアンケート調査結果（名古屋市都心部来訪者を対象、有効回収 1,248 通）によると、表－1 に整理したように、RP 賛成は 43%に対して PDS 賛成は 53%と、PDS の賛成率が 10 ポイント高くなった。また、RP 反対から PDS 賛成に転じた人は 17%となり、RP と比べて PDS は概ね受容性が高いシステムであることが示されている。アンケート調査では居住地、来訪目的、来訪頻度、RP の認知度に加えて、社会認知率（他者の賛同率）や課金額・返金額に応じた SP 調査の質問を含むため、様々な状況における PDS に対する受容性の特性を分析することが可能である。これらの詳細な分析結果は、別途報告したいと考えている。

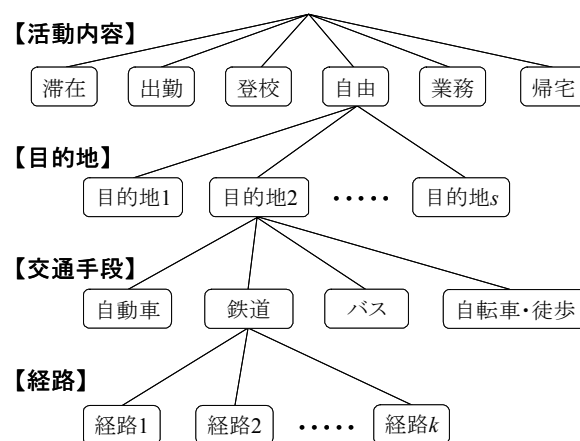
表－1 RP と PDS の賛成率

	PDS 賛成	PDS 反対	計
RP 賛成	35.4%	7.1%	42.5%
RP 反対	17.3%	40.2%	57.5%
計	52.7%	47.3%	100.0%

3. 評価ツールの概要

(1) 時間帯別・確率的統合均衡モデルの概要

RP や PDS が導入された場合、各個人は交通手段や経路の変更を考えるだけではなく、目的地変更や移動自体の必要性を考えるため、1 日の活動・交通行動パターン形成にまで影響が及ぶであろう。従って、より綿密な施策評価を行うためには、誘発需要やトリップチェーンを考慮した評価ツールを用いることが望ましい。筆者らは、



図－1 活動・交通行動の選択ツリー構造

名古屋都市圏を対象として誘発需要を考慮でき、近似的な時間軸の導入によりトリップチェーンを再現できる時間帯別・確率的統合均衡モデル¹³⁾を構築しているため、本研究の評価ツールのベースとして援用する。本節では、評価ツールと同一となる活動・交通行動モデルのパラメータ推定結果、均衡計算の現況再現性について簡潔に述べる。なお、交通サービスレベル (LOS) の設定方法やパラメータ推定方法と推定結果、等価最適化問題の定式化など、詳細は金森ら¹³⁾を参照されたい。

各時間帯 (時間帯幅: 1 時間) における個人の活動・交通行動モデルは、活動内容－目的地－交通手段－経路の4レベルの選択ツリー構造 (図-1 参照) からなるNested Logit モデルを仮定し、第4回中京都市圏 PT 調査データ (2001 年) を用いて最尤推定法によりパラメータを推定している。主要パラメータは符号条件と 95% 有意水準を満たし、適合度も良好であった。推定結果より以下のことが明らかになっている。

- ✓ 自動車運転免許保有者や自動車保有者は自動車、高齢者は自由目的にて鉄道・バスを利用する傾向が強い
- ✓ 自由・業務目的では直前トリップ、帰宅目的では自宅出発時の利用交通手段を利用する傾向が強い
- ✓ 自由目的は比較的近くの目的地にて所用を済ます傾向がある
- ✓ 主婦・無職の人々は日中に自由活動を連続的に行いやすいなど、活動内容選択特性は滞在箇所、個人属性、時間帯、滞在時間によって異なる

都市圏全体における 1 日の活動・交通行動状況は、均衡計算を開始する基準時刻 (午前 3 時と設定) より、時間軸に沿って逐次的にモデルを実行することで再現することができる。モデルの実行フレームは図-2 の通りである。入力データは時間帯別 LOS データ、ネットワークデータ、活動・交通行動モデルのパラメータに加えて、前時間帯の出力データから算出される各ゾーンの滞在人口、リンク残留交通量 (渋滞待ち行列台数) である。ここで、基準時刻のゾーン別滞在人口は、国勢調査 (2000 年) 結果を基に、PT 調査データより集計した地域別の免許保有率・自動車保有率を用いて、性・年齢階層 (5~14 歳/15~64 歳/65 歳以上)・職業 (就業者/就学者/主婦・無職)・自動車運転免許保有有無・自動車保有有無別の夜間人口を設定している。

現況再現性の検証は、均衡計算結果と PT 調査の集計値との比較により行っている。以下の通り、発生量が過小、鉄道が過大推計の傾向にあるが、従来の交通需要予測モデルの結果と比較しても概ね妥当な結果が得られており、都市圏レベルの交通施策評価ツールとして有効なモデルであると判断できる。

- ✓ 発生量の時間変動は概ね再現されているが、自由・業

- 務目的が過小推計であり、総量再現率は 84% である
- ✓ 目的地の構成分布は従来のゾーンレベルでは妥当である (集中量は発生量の過小推計に伴い過小傾向)
- ✓ 交通手段別交通量は鉄道が過大、自動車と自転車・徒歩が過小推計である。ただし、10km 未満の短距離トリップでは自動車は過大推計の傾向にある
- ✓ 自動車リンク交通量の再現性は、道路交通センサスの 12 時間観測交通量 (1999 年) と比較した結果、相関係数 0.84、回帰係数 0.92 となり、概ね妥当である。また、従来の OD 交通量固定型の配分結果よりも再現性が向上したことを確認している

【入力データ】

- ・交通サービスレベル (時間帯別)、ネットワークデータ
自動車ネットワーク (BPR 関数パラメータ、交通容量、通行料金、等)
鉄道経路データ (OD 別経路選択肢集合、所要時間、乗換回数、運賃、等)
バス、自転車・徒歩のサービスレベル (所要時間、運賃、アクセス/イグレス距離)
- ・ゾーン特性
人口・施設数 (個人属性別夜間人口、従業人口、事業所数、等)
その他 (面積、OD 間距離、駐車料金、道路延長、等)
- ・活動・交通行動モデルパラメータ
- ・貨物車 OD 交通量 (時間帯別)
- ・前時間帯の出力データ (時間帯別)
滞在人口 (滞在者数・集中交通量)、自動車リンク残留交通量

【均衡計算】

【出力データ】

- ・モデル内生変数 (時間帯別)
滞在者数、目的別発生交通量、目的別・交通手段別 OD 交通量
自動車リンク交通量、自動車リンク残留交通量、鉄道経路交通量、等
- ・モデル出力変数 (時間帯別)
自動車 OD 間所要時間/速度、CO₂ 排出量、等

図-2 実行フレーム

(2) 評価ツールの概要

a) PDS 評価に向けた既存モデルの改良

RP では、自動車利用者は対象エリアに流入する際に課金額を徴収されるため、対象エリアに流入する自動車リンクに対して課金額を設定し、時間価値にて所要時間に換算することで分析が可能となる。従って、自動車ネットワークデータを修正すれば、前節で概説した時間帯別・確率的統合均衡モデル (既存モデル) を評価ツールとして、そのまま適用することができる。

PDS では、対象エリア内を目的地としない場合は RP と同様の処理にて表現することができるが、対象エリア内を目的地とする場合は課金額に加えて返金額を考慮する必要があるため、通常の RP と同様の処理にて表現することはできない。そのため、本研究では、既存モデルをベースとして、PDS の対象エリア内を目的地とするか否かで自動車利用者を区別し、それぞれの交通サービスレベルを適切に表現できるマルチクラス型に改良することとした。つまり、対象エリア内を目的地とする自動車

利用者は実質課金額（＝課金額－返金額）を時間価値にて所要時間に換算し、それ以外の自動車利用者は RP と同様に課金額に対応する所要時間換算値を流入リンクに加える。

既存モデルでは、自動車の経路選択モデルにおいて、高速道路利用選択特性（時間価値の差異）を反映するために、出勤・登校・業務目的、自由・帰宅目的、貨物車の3クラスに既に区別している。ここで、時間価値は出勤・登校・業務目的：83.4 円/分/台、自由・帰宅目的：43.9 円/分/台、貨物車：87.4 円/分/台である¹³⁾。そのため、本研究における RP の評価ツールも、同様のクラスで区別されている。また、PDS 導入評価には、①PDS 対象エリア内を目的地とする出勤・登校・業務目的、②PDS 対象エリア外を目的地とする出勤・登校・業務目的、③PDS 対象エリア内を目的地とする自由・帰宅目的、④PDS 対象エリア外を目的地とする自由・帰宅目的、⑤貨物車の5クラスに区別することとなる。ここで、実質課金額に対する時間価値は既存モデル同様とする。

なお、PDS の課金対象エリア内を目的地とする全ての自動車利用者は、滞在中に駐車場利用や買い物により返金額の全てを使い切ると仮定している。ただし、駐車場の利用状況（月極や時間貸）や買い物場所など、返金額の詳細な使用状況はモデルでは考慮していない。また、貨物車は対象エリア内を目的地とする場合でも返金によって課金額は減額されず、且つ目的地や交通手段の変更は不可能とし、経路のみを変更可能と仮定している。

PDS の評価ツールは、既存の時間帯別・確率的統合均衡モデルをマルチクラス型に改良したのみであり、自動車の経路交通量とリンク交通量に関する制約条件を修正することで、等価最適化問題を定式化することかできる。紙面の都合により、等価最適化問題は記載しないが、既存モデルと同様、解の一意性は保証される。

以上のように、PDS の評価ツールでは、返金額による目的地別の交通サービスレベルの違いの表現に加えて、導入時の活動・交通行動の変化（経路選択、交通手段選択、目的地選択、活動内容選択）を考慮することができる。しかし、課金時間帯前/後に出発時刻を変更するような出発時刻選択は考慮されておらず、また、実質課金額に対する時間価値も、既存の高速道路利用選択モデルより算出された推計値を暫定的に用いている。本研究では、PDS の初期的な評価ツールとして既存モデルの有効利用をしているが、今後、出発時刻選択モデルの導入や課金額と返金額に対する時間価値の適切な設定は、重要な研究課題として挙げられる。また、自動車交通の時間帯間の相互干渉を考慮するために、既存モデルでは赤松らの時間帯別均衡配分モデル¹⁵⁾を組み込んでいる。これは渋滞など残留交通量によるリンク所要時間の影響を考慮しているものの、渋滞待ち行列の延伸による後続リンクへの影

響など、交通量への影響は考慮されていない。課金対象エリア周辺における迂回交通による交通量（渋滞状況）の変化を詳細に評価することは、RP や PDS の評価として重要であり、等価最適化問題の定式化が困難になるが、交通量への影響の考慮は今後の課題である。

b) 評価基準（2005 年次推計）の設定

名古屋都市圏では、2005 年に開催された愛知万博に向けて、国際空港の開港や高速道路の延伸、地下鉄の環状線化などの鉄道網拡充といった、大規模な交通基盤整備がなされた。本研究では、これらの交通基盤整備がなされた 2005 年の交通状況を基準として、RP と PDS の導入効果の評価を行うことがより現実的であると考え、評価ツールを用いて 2005 年の活動・交通状況を推計した。具体的には、図-2 の実行フレームの入力データである自動車ネットワークと鉄道路線データを 2005 年次の整備状況に対応して更新した。また、基準時刻のゾーン別・属性別夜間人口を、国勢調査（2005 年）の市区町村別・性・年齢階層別の調査結果より再推計した。その他の入力データについては、適切に更新するデータが無かったため、現況再現性を確認した 2001 年次と同一である。

自動車ネットワークは更新の結果、ノード数：7,709、リンク数：22,695 となった。リンクコスト関数は現況再現時点（2001 年）と同様であり、道路種別毎に推定されたパラメータ^{16) 17)}を設定し、渋滞待ち行列を算出する際の最大流出台数は、道路交通センサスより算出した交差点交通容量を設定している。また、2005 年の夜間人口は、2001 年と比較して都市圏全体で 1.03 倍（764 万人→787 万人）となった。

これらの入力データを用いて、2005 年次における都市圏の交通状況を推計した。2005 年次の活動・交通行動データは観測されていないため、詳細に検証することは不可能である。そのため、概ね妥当と判断された 2001 年推計値と比較することで、2005 年推計値の妥当性を判断する。2001 年と 2005 年の昼間 12 時間（7:00～19:00）の都市圏全体の交通手段別発生量を図-3 に示す。

2005 年の総発生量は 2001 年と比べて 1.03 倍となり、夜間人口増加率と同程度の伸び率であった。交通手段別にみると、新規鉄道路線の整備により鉄道利用が 7%増

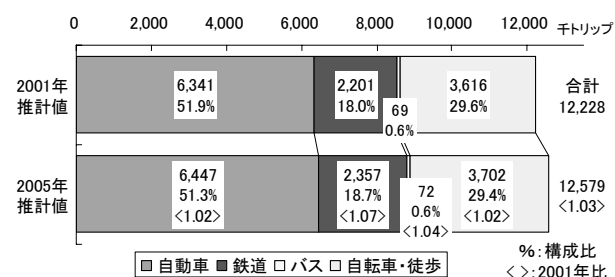


図-3 交通手段別発生量（都市圏計，昼間 12 時間）

加し、高速道路が延伸された自動車の増加率よりも高くなった。また、自動車リンク交通量の再現性確認として道路交通センサスの12時間観測交通量(2005年)と比較した結果、相関係数:0.81、回帰係数:0.90であった。モデルの限界(発生量自体の過小推計)によって自動車交通量は過小推計となっていることが考えられ、若干の過小傾向にあるものの、リンク交通量の推計精度は概ね妥当であると判断できる。

以上より、2005年の推計値は、人口増加や交通基盤整備による交通状況の変化を現況再現と同程度に再現していると判断し、RPやPDSの導入評価の基準となる交通状況として妥当であるといえる。

4. PDSの導入評価

(1) PDSの課金対象エリアとケース設定

PDSの課金対象エリアは、①交通渋滞が慢性的に発生している地区、②課金対象となる自動車の代替手段である鉄道やバスの公共交通機関のサービスが充実している地区、③駐車場の供給台数が充分である地区、を条件として選定した。その結果、都市圏の中心業務・商業地区である名古屋市都心部となった。具体的な対象エリアは図-4に示す通りであり、名古屋駅地区と栄地区を含むエリアである。面積は4.7km²と海外事例(ロンドン:22km²、シンガポール:6.4km²)と比べて小さくなっている。

PDSの課金方式は対象エリアに流入する度に課金されるコードン型とし、課金時間帯は昼間12時間(7:00~19:00)とする。課金額は、鉄道の平均乗車運賃(地下鉄

初乗り運賃:200円)や名古屋都市高速道路の通行料金(750円)を参考に、300円と700円を設定している。返金額は、PDS導入時の交通状況の変動を大まかに把握することを目的として、実質課金額が課金額の半額程度、及び0円となる金額を設定した。

本研究の評価ケースは表-2に示す通りであり、課金額と返金額の設定により区別されている。ここで、Case_0は前節にて妥当性を確認した2005年の推計結果であり、Case_3-0とCase_7-0は通常のRPとなる。

(2) 施策導入評価

a) 来訪者数・交通行動変動からの評価

昼間12時間交通量の推計結果をケース別に比較し、PDSの導入評価を行う。名古屋市内関連トリップを集計した結果、対象エリアが小さいため施策導入の影響は小さく、大きな変動はみられないことを確認している。

図-5の対象エリアへの交通手段別集中量をみると、通常のRPに相当するCase_3-0とCase_7-0では、自動車交通量がそれぞれ30%減、56%減と大きく削減され、それに伴い来訪者数(集中量合計)も4%減、8%減となっている。PDSの特徴である返金額を増加(実質課金額を減少)させると、自動車交通の削減量は小さくなり、実質課金額が0円となるCase_3-3とCase_7-7では、自動車交通量は施策導入前よりも増加する結果となった。来訪者数も同様の変動がみられ、実質課金額が0円では導入前と同程度まで改善すると推計された。これは通過交通の排除により、施策導入前よりも対象エリア内の交通サービスレベルが向上しているためであると考えられる。

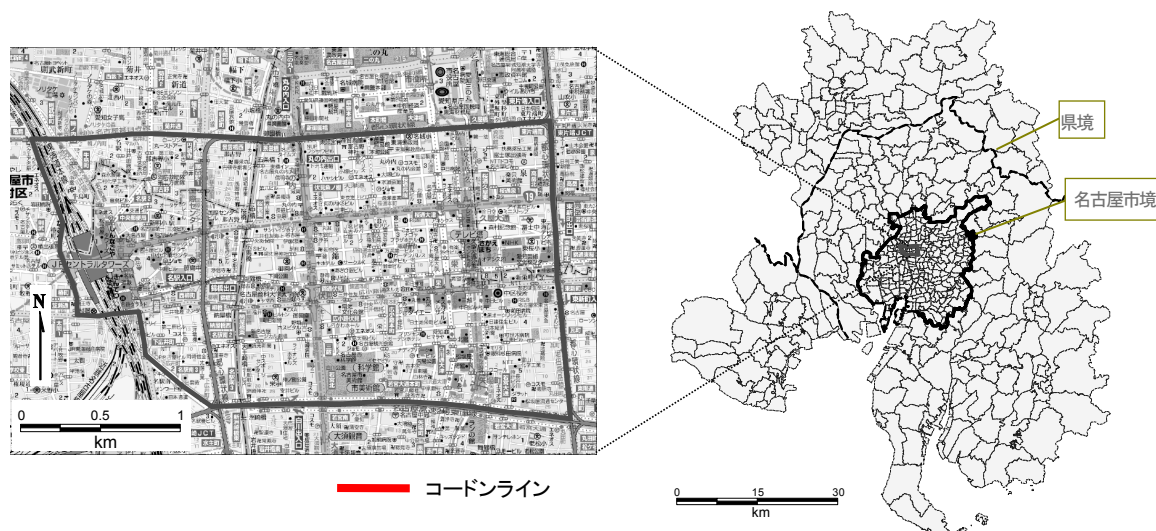


図-4 課金対象エリアと名古屋都市圏(第1回PT調査圏域)との位置関係

表-2 評価ケースの設定

	Case_0	Case_3-0	Case_3-2	Case_3-3	Case_7-0	Case_7-4	Case_7-7
課金額	0円	300円			700円		
返金額	0円	0円	200円	300円	0円	400円	700円
実質課金額	0円	300円	100円	0円	700円	300円	0円

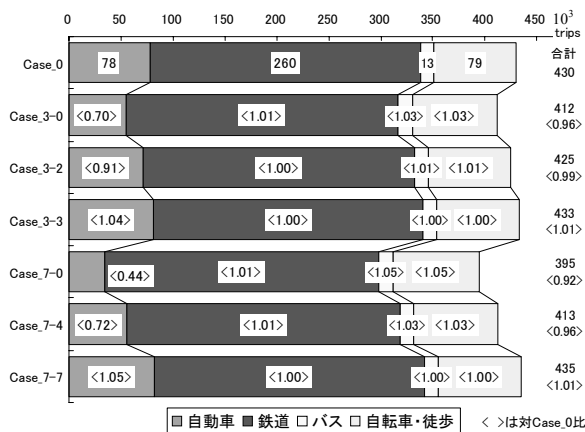


図-5 交通手段別対象エリア集中量

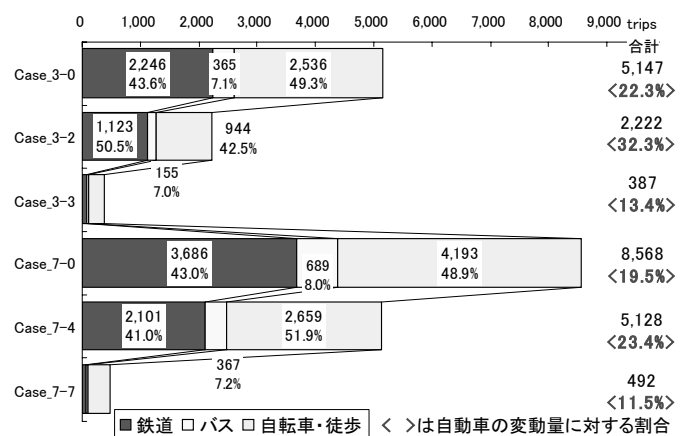


図-6 交通手段別転換交通量（対象エリア）

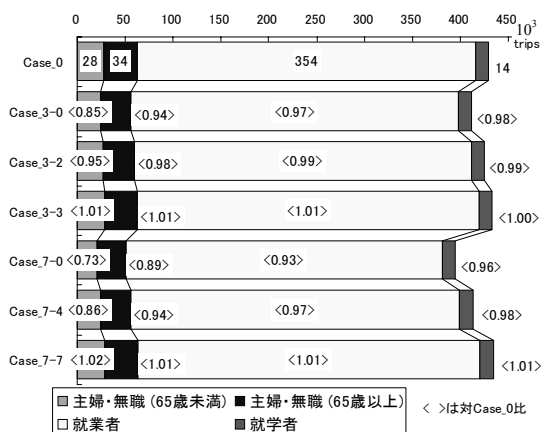


図-7 職業別対象エリア集中量

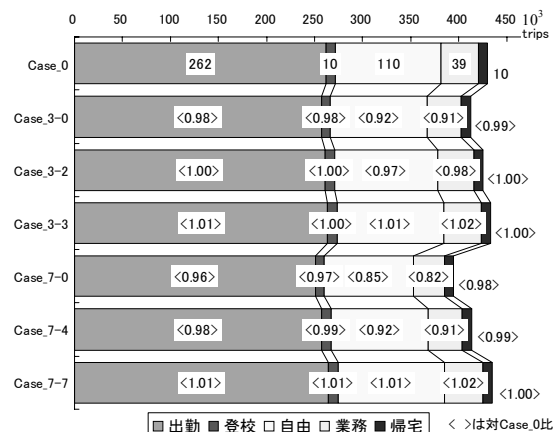


図-8 目的別対象エリア集中量

対象エリアの集中量に関して、自動車を除く交通手段について Case_0 からの増加交通量を図-6 に示す。これは、施策導入による自動車から他手段への転換交通量と解釈でき、実質課金額が減少するにつれて少なくなっている。自動車交通量が増加した Case_3-3 と Case_7-7 を除くと、転換交通手段は、鉄道と自転車・徒歩が同程度の構成比となっている。また、自動車交通の削減量に対する転換量の割合は 20～32%程度と推計された。これは、交通手段の変更よりも移動自体の取り止めや目的地の変更が生じやすいことを示しており、OD 交通量を所与とした施策導入評価では、交通手段転換の効果を過大評価する恐れがあることを示唆するものである。しかし、ロンドンの RP 導入による交通行動変化の調査結果¹²⁾によると、自動車流入交通の削減量の内訳として、公共交通への転換：55%程度、対象地区の迂回：25%程度、自転車・徒歩への転換：10%程度、目的地や出発時間帯の変更や来訪頻度の減少：10%程度と報告されている。RP の課金額や方式などシステム自体の違い、交通状況や価値観などの地域特性の違いがあるため、単純に比較することはできないものの、本研究の評価ツールでは、RP 導入による自動車交通量の削減量に対して、自動車以外の交通手段への変更を過小、目的地変更や移動自体の取り止めを過大に推計している可能性があるといえよう。

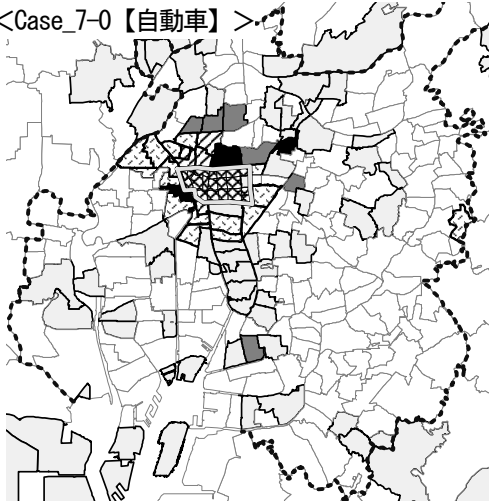
次に、対象エリアの来訪者属性として職業別にみると（図-7）、主婦・無職、特に 65 歳未満の人が大きな影響を受けている。これに伴い、図-8 に示すように自由・業務目的の交通量がケースによって大きく変動している。自由・業務目的は他の目的と比べて、交通サービスレベルの影響を受けやすく、誘発・制約されやすい交通である。地域の活力は来訪者数を指標として計測できるとも考えられ、施策導入によりいかに自由・業務目的による来訪者数を減少させない（増加させる）かが重要となる。また、商業主らの合意形成を図るには、自由目的の来訪者数の動向を説明資料として提示することも必要となろう。

そこで、以下では自動車交通と自由目的による交通の動向に注目する。まず始めに OD パターン別交通量の変動として、より大きな来訪者数の変動がみられた課金額 700 円のケース（Case_7-0、Case_7-4、Case_7-7）を表-3 に示す。Case_7-0 では対象エリアに流入する自動車交通量が大幅に削減され、特に名古屋市内（対象エリア除く）からの流入量は 61%削減されている。それに伴い名古屋市内から名古屋市内への交通量が増加していることが確認できる。実質課金額が減少するにつれてその影響は弱まり、実質課金額 0 円の Case_7-7 では、全ての方面から対象エリアへの流入量が増加し、名古屋市外からの流入量は 9%増、対象エリア内々交通は 6%増と推計され

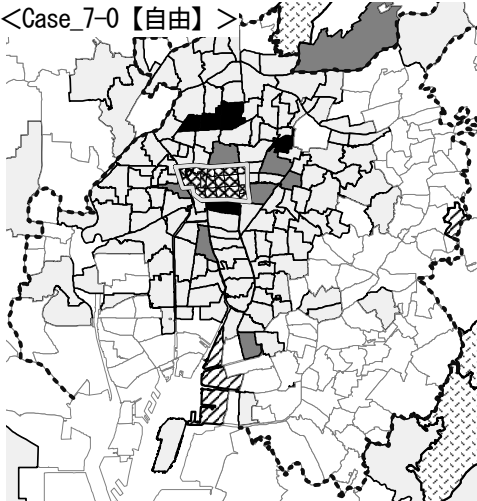
表-3 方向別交通量の変動（対Case_0比）

ODパターン		Case_7-0 / Case_0			Case_7-4 / Case_0			Case_7-7 / Case_0		
		合計	自動車	自由	合計	自動車	自由	合計	自動車	自由
① 対象エリア	⇒ ①	0.94	0.58	0.92	0.97	0.80	0.96	1.01	1.06	1.01
	⇒ ②	0.91	0.50	1.09	0.95	0.74	1.00	1.01	1.04	1.01
	⇒ ③	0.96	0.57	0.99	0.98	0.81	1.01	1.01	1.07	0.99
② 名古屋市内 (対象エリア除く)	⇒ ①	0.89	0.39	0.82	0.95	0.69	0.91	1.01	1.04	1.01
	⇒ ②	1.02	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	0.99	1.00
	⇒ ③	1.01	1.02	1.01	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99
③ 名古屋市外	⇒ ①	0.96	0.49	0.71	0.98	0.78	0.85	1.01	1.09	1.02
	⇒ ②	1.01	1.02	1.01	1.00	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
	⇒ ③	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

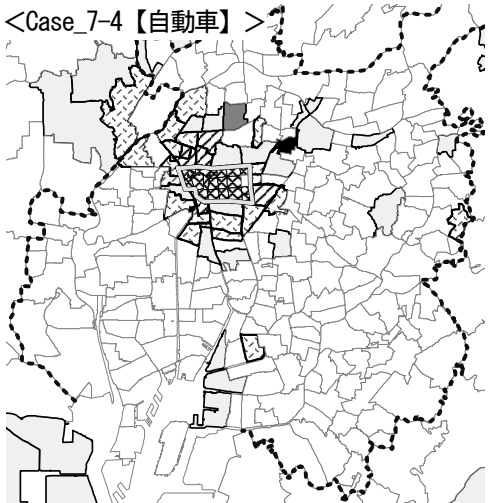
<Case_7-0【自動車】>



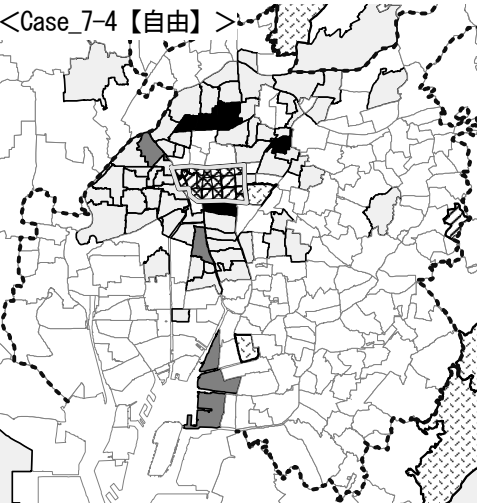
<Case_7-0【自由】>



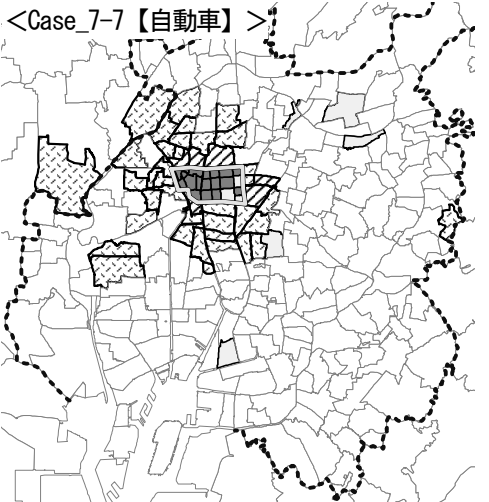
<Case_7-4【自動車】>



<Case_7-4【自由】>



<Case_7-7【自動車】>



<Case_7-7【自由】>

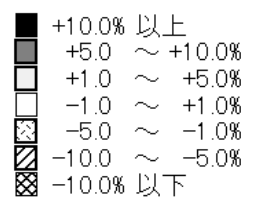
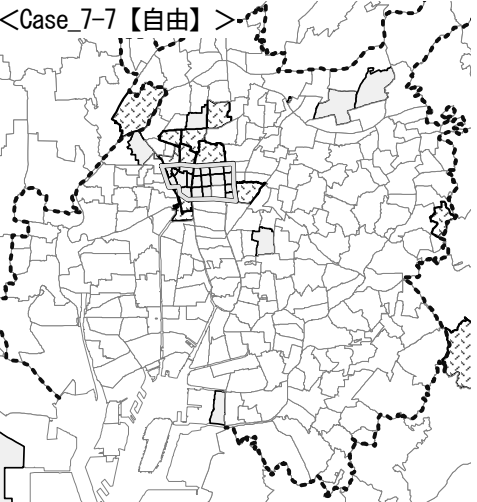


図-9 ゾーン別集集中量の変動（対Case_0比）

た。自由目的では Case_7-0 では全方面から対象エリアへの流入量が減少し、特に名古屋市外からの流入量が 29% 減少している。自動車交通量と同様に実質課金額が減少するにつれてその影響は弱まり、実質課金額 0 円となる Case_7-7 では、全方面から対象エリアへの流入量が微増し、名古屋市内から名古屋市外への交通量が微減する結果となった。

続いて目的地変更の程度をみるため、ゾーン別集中量の変動(図-9)をみる。通常の RP である Case_7-0 では、自動車、自由目的ともに対象エリア周辺にて 5%以上変動するゾーンがみられる。これらは、対象エリア内からの目的地変更として代替されるゾーンは増加し、迂回交通等で自動車交通サービスレベルが低下するゾーンは減少していると考えられる。一方、RP 導入により影響を受けるゾーンは対象エリア周辺のみならず、微変動であるものの名古屋市内の各所でみられ、自動車よりも自由目的の方がその影響範囲が大きくなっている。また、ゾーン別集中量は、自動車、自由目的ともに実質課金額が減少するにつれてその影響範囲が対象エリア周辺に限定される傾向にある。特に、実質課金額が 0 円となる Case_7-7 では、対象エリアが元々集客力の高い地区であるため、自動車の交通サービスレベルが向上することによって周辺ゾーンから対象エリアに目的地が変更され、対象エリアの集中量は増加し、その他のゾーンは減少している様相を表している。

b) 自動車交通関連指標による評価

このように、RP に比べて PDS では、返金額が増加するにつれて対象エリアの来訪者数の減少傾向が緩和される一方、同時に自動車交通（自動車集中量）の削減量も減少することが明らかになった。

そのため、自動車交通削減量の減少の影響を考慮しながら、PDS 導入による自動車交通に関する問題改善の効果を評価する。本研究では、導入効果として旅行時間短縮（旅行速度向上）や環境問題改善に貢献することも重要であると考え、対象エリアの通過交通量、走行台 km といった自動車交通量に関する指標に加えて、平均速度、渋滞損失時間、CO₂ 排出量を代表とする環境問題改善の程度を把握することができる指標を選出している。各ケ

ースにおける自動車交通関連指標の対 Case_0 比を表-4 に整理した。ここで、渋滞損失時間は、時間帯別均衡配分モデル¹⁵⁾における各時間帯のリンク残留交通量より算出している。また、CO₂ 排出量は、CO₂ 排出係数原単位と平均速度との関係式¹⁸⁾と時間帯別のリンク平均速度より算出している。

対象エリアの通過交通量をみると、返金額の有無や程度に関係なく課金額によって削減量が異なり、課金額が 300 円の場合約 68%減、700 円の場合約 82%減となる。従って、通過交通量の排除を目的とする場合、PDS でも通常の RP と同程度の効果を得られることが分かる。対象エリアの走行台 km と平均速度は実質課金額が減少するにつれその効果は減少するが、走行台 km は Case_3-3 : 35%減、Case_7-7 : 43%減、平均速度は Case_3-3 : 2.5% 向上、Case_7-7 : 3.2% 向上と、自動車交通量（集中量）が増加しているケースにおいても十分な改善効果がみられる。また、PDS 導入によって対象エリアだけでなく、名古屋市全体でも走行台 km と平均速度は若干ではあるが、改善されることが示された。

対象エリア内の渋滞損失時間は、通過交通量の削減により全てのケースで大幅に削減され、渋滞はほぼ解消されることが分かる。名古屋市全体では Case_7-0 で増加しているが、その他のケースでは減少している。Case_7-0 ではリンク交通量の変動(図-10)より、名古屋市内にて交通量が増加しているリンクが他ケースよりも多くみられ、迂回交通や目的地変更の影響を受けていると考えられる。

CO₂ 排出量も実質課金額が減少するにつれその削減量は減少するが、対象エリア内では通過交通量削減による平均速度向上が大きいことから、自動車集中量が増加した Case_3-3 と Case_7-7 においても十分な削減効果が得られている。また、名古屋市全体でも 2%以上の削減効果がみられ、PDS は環境問題対策として有効な施策の 1 つであるといえる。

昼間 12 時間の自動車リンク交通量の変動(図-10)をみると、通常の RP である Case_7-0 にて増加リンクがより多くみられるものの、どのケースでも高速道路の交通量が増加しており、高速道路の利用促進に繋がっている。一方、対象エリア周辺において、迂回交通が原因と

表-4 自動車交通関連指標の変動（対 Case_0 比）

	対象エリア 通過交通量	走行台 km		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
Case_3-0	-67.7%	-43.9%	-1.7%	3.4%	0.3%	-98.9%	-3.1%	-40.5%	-2.5%
Case_3-2	-68.7%	-38.0%	-1.3%	3.0%	0.3%	-94.3%	-1.8%	-34.6%	-2.3%
Case_3-3	-68.3%	-34.9%	-1.1%	2.5%	0.3%	-97.3%	-7.6%	-31.4%	-2.3%
Case_7-0	-80.9%	-59.8%	-3.1%	4.2%	0.5%	-98.3%	18.6%	-57.0%	-4.0%
Case_7-4	-82.6%	-52.3%	-2.9%	3.9%	0.4%	-99.7%	-11.1%	-49.4%	-2.9%
Case_7-7	-82.4%	-42.6%	-2.2%	3.2%	0.4%	-95.3%	-8.8%	-40.4%	-2.1%



図-10 自動車リンク交通量の変動（対 Case_0 比）

想定される増加リンクが共通してみられ、これらの沿道環境の悪化を招く可能性が高い。そのため、できる限り道路規格の高い道路をコードラインに設定し、沿道環境対策を講じる、複数のコードラインを設定して段階的な課金体系を導入するなど、対象エリア周辺地域への対応が必要となろう。

c) 通常のRPと比較したPDSの特性

PDSは課金額の設定に応じて通常のRPと同程度の通過交通量を排除することができるため、その他の自動車交通関連指標の改善効果も、対象エリア内外において十分に得られることが明らかになった。そのため、施策導入による来訪者数の減少を緩和するPDSは、新たなRPとして有効なシステムであるといえる。ただし、実質課金額が0円となる場合、対象エリアの自動車集中量が増加するため、返金額の設定は慎重に行う必要がある。

また、RPにも共通するが、本評価ツールで推計した

結果、自動車から他の交通手段への転換は期待されたほど大きくはなく、移動自体の取り止めや目的地変更が無視できないことが分かった。しかし、これは公共交通への手段転換を促進する余地があるとも考えられ、RPやPDSの課金収入を原資とした運賃割引や交通エコポイントなど、鉄道利用促進方策を同時に実施することが有効であろう。

同様に、PDS対象エリア周辺地域は迂回交通等により自動車リンク交通量が増加し、沿道環境の悪化を招く可能性が高いことが確認された。そのため、対象エリア周辺地域の沿道環境対策も同時に講じる必要がある。

5. 結論

(1) 本研究の成果

本研究では、RP導入に際して大きな障害となっている受容性の低さ、合意形成の難しさの改善が期待されるPDS

の導入評価を行った。PDS は、対象エリアの来訪者には返金額の設定により、実質課金額を減少させることが可能である。つまり、来訪時には課金額を一旦徴収されるものの、駐車場料金や買い物代金の精算時に返金額相当分をデポジット金として利用できるシステムであるため、来訪者と通過交通や路上駐車ドライバーとは、実質課金額が異なる。この返金による交通サービスレベルの違いを考慮するため、本研究では、目的地が対象エリアの内外かで自動車利用者を区別した、マルチクラス型の均衡モデルが妥当であると考えた。また、施策導入による活動・交通行動の変化として、交通手段選択や経路選択に加えて、移動自体の必要性の有無や目的地選択も評価することができる時間帯別・確率的統合均衡モデル¹³⁾を活用し、実質課金額が異なるクラスを考慮できるように改良した上で、評価ツールとして用いた。

名古屋都市圏を対象としてPDSの導入評価を行った結果、RPに比べてPDSは、課金対象エリアの来訪者数減少の傾向を改善することが明らかになった。特に実質課金額が0円の場合、来訪者数は施策導入前と同程度まで回復し、それに伴って自動車利用者は増加するとの試算結果が得られた。しかし、通過交通量の排除効果は返金額に関係なく、課金額に依存するため、渋滞損失時間やCO₂排出量といった自動車交通関連指標の改善効果は、PDSでも十分に得られることが確認された。以上の結果から判断すると、PDSは新たなRPの課金システムとして有効であるといえる。

(2) 今後の課題

本研究では、評価ツールとして、交通手段選択や経路選択に加えて誘発需要や目的地選択を考慮できるモデルを用いた。その結果、RPやPDS導入による移動自体の取り止めや目的地変更は無視できるものではなく、従来のOD交通量を所与としたモデルでは、交通手段転換の効果を過大評価する恐れがあることを指摘した。しかし、本評価ツールは、施策導入による勤務先・通学先も変更可能なモデルとなっていることに注意が必要である。RPやPDSを短期的な施策と考えれば、施策導入による通勤先・通学先の変更は考え難く、目的地変更を過大推計しているといえる。そのため、施策評価の整合性を高めるため、評価基準時点の個人レベルの勤務先・通学先を保持することができるモデルの構築が望まれる。

また、モデル構造に関する課題としては、施策導入による出発時刻選択モデルの組み込みが挙げられる。RP導入が成功といわれるロンドンにおいても、課金時間帯の直前/直後に移動する(shoulder effect)結果、通過車両の円滑性を阻害する悪影響が報告されている¹⁹⁾。これらの影響を事前に把握するためにも、出発時刻の変更を考慮するモデル開発の意義は大きい。

RPやPDS導入時の活動・交通行動に大きな影響を及ぼす、課金額と返金額に対する時間価値の設定も必要である。本研究では、課金額や返金額に対する時間価値を設定できなかったため、実質課金額に対して、既存研究¹³⁾の時間価値を目的別に設定した。そのため、Case_3-0とCase_7-4のように実質課金額が同額であれば、対象エリア内の交通行動変化は同様な結果がもたらされている(図-5~8)。

しかし、課金に対する“嫌悪感”と返金に対する“お得感”といった心理的な差異があると考えられること、また、課金額は通過交通排除に大きな影響を及ぼしていることから、実質課金額に対する時間価値ではなく、課金額と返金額にそれぞれに対する時間価値を設定することが妥当であろう。そのため、PDSに関するアンケート調査における課金額・返金額に応じたSP調査の結果を用いて、これらの時間価値に関する分析が必要である。

その他、課金方式の違い(コードン方式、エリア方式、課金対象エリア内居住者の割引)による交通状況等の変化、地域の交通事情に即した最適な課金対象エリアや課金額と返金額の設定、RPやPDS導入における公平性²⁰⁾、貨物車輸送の変化²²⁾に関する研究の必要性も高い。

謝 辞

本研究は、国土交通省の「道路政策の質の向上に資する技術研究開発費」の補助を受けています。また、PDS研究会のメンバーから多くのご意見を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 太田勝敏：大都市におけるTDMとロードプライシング、高速道路と自動車、第48巻 第8号、pp.5-8、2005。
- 2) 東京都環境局：東京都ロードプライシング検討委員会報告書、2001。
- 3) 新田次、松村暢彦、森康男：パッケージアプローチによるロードプライシングの賛否意識の変化特性と効果分析、土木学会論文集、No.536/IV-31、pp.23-35、1996。
- 4) 藤井聡：ロードプライシングの公共受容におけるフレーミング効果—公衆の「倫理性」を前提とした広報活動に関する基礎研究—、土木学会論文集D、Vol.62 No.2、pp.239-249、2006。
- 5) 森川高行：中京都市圏の交通一大いなる田舎型か未来型か、運輸と経済、第65巻 第7号、pp.13-20、2005。
- 6) May, A.D. and Milne, D.S. : Effects of alternative road pricing systems on network performance, Transportation Research A34, No.6, pp.407-436, 2000。
- 7) 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。
- 8) 野村貴博、秋山孝正：遺伝的アルゴリズムによる都市道路網ゾーン別混雑料金の設定、土木計画学研究・論文集、Vol.18 No.3、pp.455-462、2001。

9) 円山琢也, 原田昇, 太田勝敏 : Nested Logit 型確率的利用者均衡条件下での最適混雑料金, 土木計画学研究・論文集, Vol.20 No.3, pp.555-562, 2003.

10) de Palma, A., Kilani, M. and Lindsey, R. : Congestion pricing on a road network: a study using the dynamic equilibrium simulator METROPOLIS, Transportation Research A39, No.7-9, pp.588-611, 2005.

11) Gentile, G., Papola, N. and Persia, L. : Advanced pricing and rationing policies for large scale multimodal networks, Transportation Research A39, No.7-9, pp.612-631, 2005.

12) Transport for London : Congestion Charging: Third Annual Monitoring Report, 2005.

13) 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, Vol.24, 2007. (印刷中)

14) 森川高行 [研究代表者] : 駐車場デポジット制度による受容性と柔軟性の高い都心部自動車流入マネジメント施策の研究と実証, 2007.

15) 赤松隆, 牧野幸雄, 高橋栄行 : 時間帯別 OD 需要とリンクでの渋滞を内生化した準動的配分, 土木計画学研究・論文集, Vol.15, pp.535-545, 1998.

16) 土木学会 : 道路交通需要予測の理論と運用 第 I 編 利用者均衡配分の適用に向けて, 丸善, 2003.

17) 吉田禎雄, 石谷昌之, 原田昇 : 交通常時観測調査データによるリンクコスト関数の推定, 交通工学, Vol.40 No.6, pp.80-89, 2005.

18) 大城温, 松下雅行, 並河良治, 大西博文 : 自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数, 土木技術資料, Vol.43 No.11, pp.50-55, 2001.

19) 本間正勝 : ロンドンのロードプライシングー渋滞課金の導入結果と問題点ー, 交通工学, Vol.39 No.4, pp.74-81, 2004.

20) 柳時均, 山本俊行, 北村隆一 : ロードプライシングの公平性に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.16, pp.707-715, 1999.

21) 円山琢也, 原田昇, 太田勝敏 : ロードプライシングの所得逆進性とその緩和策に関する研究, 都市計画論文集, No.37, pp.253-258, 2002.

22) 古川雄一, 円山琢也, 原田昇 : ロードプライシング実施時の貨物輸送の変化に関する研究, 土木学会論文集D, Vol.62 No.1, pp.74-83, 2006.

時間帯別・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*

金森 亮**・森川高行***・山本俊行****・三輪富生*****

自動車利用の適正化や抑制に大きな効果が実証されているロードプライシング (RP) であるが、罰金的色彩が強いことから、その導入に対する受容性は低い。そのため、より受容性の高いシステムとして、駐車デポジットシステム (PDS) が提案されている。本研究では、名古屋都市圏において、施策導入による誘発交通を考慮できる時間帯別・統合均衡モデルを用いてPDSの導入評価を行った。その結果、PDSは通常のRPと比べて対象エリアの来訪者数の減少傾向を緩和する一方、通過交通の排除効果は同程度であることから、渋滞解消効果や環境改善効果は十分に得られるとの結果が得られた。従って、PDSはより有効なPRシステムであることを確認した。

An Evaluation of Parking Deposit System

by Semi-Dynamic Combined Stochastic Equilibrium Model*

By Ryo KANAMORI**・Takayuki MORIKAWA***・Toshiyuki YAMAMOTO****・Tomio MIWA*****

Parking Deposit System (PDS) is proposed to improve public acceptance of Road Pricing (RP) which demonstrates a reduction of car trips. This study compares the effects of RP and PDS by a model which can measure induced traffic and analyze in trip-chain approach. As a result of application to the Nagoya Metropolitan Area, PDS has the following characteristics as compared with RP. 1) The number of visitors is recovered as the setting value of repayment increases; 2) The through traffics are reduced at the same level as RP; 3) The effect to reduce traffic congestion and air pollution is large.
