

駐車デポジットシステム社会実験における被験者の交通行動変化に関する基礎的研究*

A preliminary Study on Travel Behavior Changes of Subjects in Parking Deposit System Social Experiment

中井陽平**・三輪富生***・山本俊行****・森川高行*****

By Yohei NAKAI**・Tomio MIWA***・Toshiyuki YAMAMOTO****・Takayuki MORIKAWA*****

1. はじめに

近年のモータリゼーションの進展により世界各国で自動車利用は増加傾向にある。過度な自動車利用の増加は、騒音、大気汚染、地球温暖化といった環境問題を引き起こす。また、都心部での違法駐車増加や交通渋滞といった社会的・経済的損失も大きい。

このような問題を解決するために有効であると考えられている施策のひとつとして都心部乗り入れ課金制度（ロードプライシング）が注目されている。ロードプライシングとは、環境負荷の低減や交通渋滞の緩和を目的とし、都心エリアに流入してくる車に対して課金をするシステムである。しかし、ロードプライシングは、自動車利用者にとってはさらなる課税となる罰金的色彩が強く、エリア内での買い物客や駐車場利用者の減少といった問題もあり、社会的合意を得るのは困難である。そこで、より高い受容性を持つ代替案として駐車デポジットシステム（Parking Deposit System, 以下PDS）が提案されている。PDSはロードプライシングのように対象者に課金するだけでなく、都心エリア内で行った駐車場利用や買い物行動に対して、一定金額を返金（デポジット）する仕組みとなっている。そのため、ロードプライシングと比べ、社会的受容性が高いことや¹⁾、エリア内違法駐車をした場合やエリアを通過する場合には返金は発生しないため、ロードプライシングと同等の混雑緩和効果が得られること²⁾等が既往研究に示されている。

そこで本研究では、2008年9月～12月にかけて実施した、擬似的にPDSを行う社会実験を通して、PDSの実施により被験者にどのような交通行動変化が起こるかについて確認、分析することを目的としている。

*キーワード：交通行動調査，交通行動分析

**学生員，名古屋大学大学院工学研究科

（名古屋市千種区不老町，TEL: 052-789-3565，

E-mail: yohei@trans.civil.nagoya-u.ac.jp）

***正員，博士（工），名古屋大学エコトピア科学研究所

****正員，博士（工），名古屋大学大学院工学研究科

*****正員，Ph.D.，名古屋大学大学院環境学研究所

2. PDS社会実験概要

PDS社会実験は、PDS施策を広く市民に認知してもらうとともに、PDSを実施することによる効果や影響を調査することを目的としている。実験には、募集したモニターにGPS携帯を配布し、実際に課金・返金を行う方式の「PDSコアモニター実験」と、PDSの認知を目的とし一般市民にWEB上で行動登録等をしてもらう方式の「PDSインターネット実験」の2つがある。本研究では、この中の「PDSコアモニター実験」について分析を行う。なお、「PDSインターネット実験」に関しては、著者らの既報³⁾を参照されたい。（以降、「PDSコアモニター実験」を単に“PDS社会実験”と呼ぶ）

（1）PDS社会実験の方法

PDS社会実験は第1クール第2クールの2回行われた。日程及びモニター数を以下の表-1に示す。

表-1 日程及びモニター数

	第1クール	第2クール
実施時期	9/24～10/21	11/19～12/16
モニター数	28人	48人
モニター 応募方法	PDS研究会 の関係者	・過去のアンケート協力者へ要請 ・雑誌、新聞、web等による一般公募

実験は、第1クール、第2クールともに4週間であるが、事前期間（普段の交通行動の調査）2週間と事後期間（課金・返金を行うPDS実験）2週間に分かれており、双方を比べることにより、行動変化を分析する。なお、実験中のモニターの行動の確認はプローブパーソン調査⁴⁾によって行い、Webダイアリスシステムによる行動情報の入力・修正（被験者）、被験者の行動内容の確認（管理者および被験者）を行っている。

ここで、実験内容に合わせて課金・返金処理（金額については後述する）を行うため、プローブパーソン端末（GPS機能付き携帯電話）に専用アプリをインストールした。これにより、事前に設定した課金エリアに、被験者が車もしくはバイクを移動手段として流入すると、携帯画面の変化、音声によって、課金が行われたことが被験者に通知される。また、センタサーバ上で課金処理が

なされ、Webシステムを通じて被験者は課金状況を確認できる。また、返金処理については、課金エリア内で行った買い物や駐車場利用のレシートを、被験者が携帯端末で写真撮影すると、自動的にセンタサーバに写真および撮影地点の座標が送信される。これを実験管理者が確認した上で、事後的に返金処理を行う。なお、課金エリア辺上の走行やGPS測位誤差等による、PDS課金処理の誤作動についても、実験管理者が確認した上で、処理結果を削除することとした。したがって、課金についてはリアルタイムに実施されるものの、その確認作業や返金処理は数日程度の遅れが生じる。なお、被験者はWEB上にて行動の詳細やルートを確認をすることができ、トリップ内容に変更があった場合や、トリップ登録漏れがあった場合にはWEB上で新規トリップを修正、作成することができる。ただし、WEB上で追加されたトリップには、課金、返金、協力金は発生しない。

課金エリアについては、エリアに頻繁に来訪するような実験被験者数を確保することや、PDS実施による社会的便益の試算結果も考慮しつつ、図-1にある名古屋市中心部を含む対象エリア（25.5 km²）を選定した。



図-1 課金エリア

(2) 課金・返金・協力金について

課金対象となるトリップは、車及びバイク（以下、バイクも含めて、単に“車”と呼ぶ）でのエリア内への訪問トリップと通過トリップである。ただし、高速道路（名古屋高速道路）を利用してエリアを通過する場合は課金対象とならない。エリア内に訪問した際、返金対象行動（買い物・駐車場）があった場合には返金が発生する。今回はあくまで擬似的なPDS施策の実施であり、実際にお金を徴収することはできないため、PDS対象トリップにはまず協力金が支払われ、そこから課金額を徴収することとした。課金・返金・協力金の各金額を表-2に示す。これらの金額設定には、平均的な地下鉄利用料金を参考にしている。

今回の実験では、金額のやり取りは対象トリップが

発生する毎に行った。ただし、モニターによっては、同日内に頻繁に対象トリップをする人もいるため、モニターの1日にもらえる金額の上限は1200円とした。

表-2 課金・返金・協力金

交通手段	内容	駐車 買い物	PDS 協力金	課金額	返金額	もらう 額回
車	都心通過	なし	600	500	0	(100)
	都心迂回	なし	600	0	0	(600)
	都心訪問	なし	600	500	0	(100)
	都心訪問	あり	600	500	300	(400)
公共交通	都心訪問	あり なし	600	-	-	(600)

単位：円

(2) モニターの属性

モニターの属性は性別では男性60人、女性16人となっている。以下の図-2～4に他の属性の分布を示す。エリア内に頻繁に訪問する人を対象として募集したため、職業については勤務・従業者の割合が約60%、自営業・経営者と公務・教職・学校関係も含めると約80%となっている。逆に、専業主婦はおらず、学生も4人しかいない。そのこともあり、年代については30代が約40%となっており、逆に10代はおらず、60代以上も3人しかいない。年収については比較的ばらばらしている。また、職種については第1クールでは関係者内で募集したこともあり、建設業の割合が約24%、物販・飲食やサービス業が約20%と多くなっている。

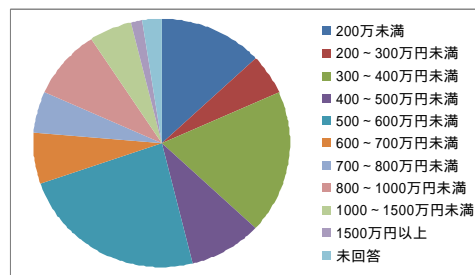


図-2 年収の分布

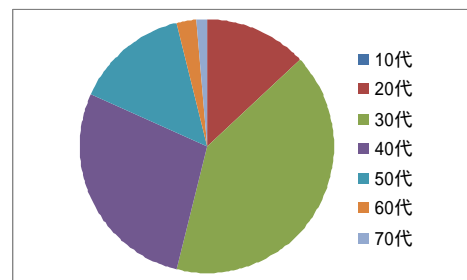


図-3 年代の分布

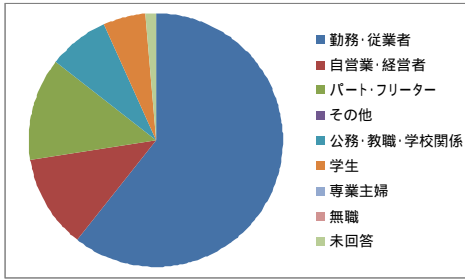


図-4 職業の分布

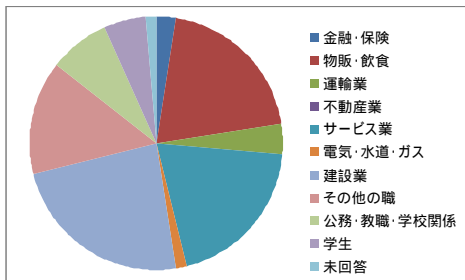


図-5 職種の分布

3. 集計分析

集計分析にあたっては以下のような条件を設けた。

- ・ある程度のサンプル数を確保するため、平日トリップのみを対象
- ・トリップ登録のない平日が事前事後合計で3日以上あるモニターは除外(2日以内である場合は、その日は1回もトリップしなかったとみなす)

以上の条件を満たしたモニター数は、第1クール15人、第2クール35人の計50人となった。

(1) 行動変化に関する基礎集計

個人ごとに行動について集計を行った。平均トリップ数の差についての検定結果(事後平均トリップ回数 - 事前平均トリップ回数)を表-3に示す。

表-3 平均トリップ数の変化

	事前期間 1人あたり 1日の平均 トリップ数	事後期間 1人あたり 1日の平均 トリップ数	平均 トリップ 数の差	t値
車訪問	0.648	0.687	0.039	0.9
公共訪問	0.577	0.600	0.023	0.8
車通過	0.095	0.037	-0.059	-2.2*
車迂回	0.035	0.091	0.056	2.1*
高速通過	0.040	0.021	-0.020	-0.7
公共通過	0.018	0.026	0.008	0.8
内々	1.102	1.039	-0.063	-0.5
外外	1.502	1.580	0.078	0.6
計	5.224	5.305	0.092	0.5

*5%有意

{(平日被験者の事後平均トリップ数(回/日) - 事前平均トリップ数(回/日))の平均}

ここで、表中の公共訪問とは、公共交通機関を利用して課金エリアを訪問した場合を、高速通過とは高速道路を利用して通過した場合を、公共通過とは公共交通機関を利用して通過した場合をそれぞれ指す。

訪問トリップについては、車訪問、公共訪問ともに増加するという結果となった。今回は、実験期間が短く、また被験者数も少ないため、データのばらつきの影響は大きいですが、この結果に対する一つの原因として、協力金というシステムが考えられる。今回の実験方法では、表-2にあるように、車訪問であってもモニターは小額のお金を得るというシステムになっている。したがって、被験者は実際にお金が減るわけではないため課金への抵抗が少ないと考えられる。このため、車訪問の数は減らず、逆に増加したのではないかと考えられる。実際にPDS施策が行われた際には、車での訪問に対して課金のみが行われるため、今回の実験とは異なった結果が得られる可能性がある。

次に、エリアを通過もしくは迂回するトリップについて考察する。車通過が減り、車迂回が増えている様子がわかる。しかし、課金対象エリアをまったくようなトリップは、その行動発生頻度が他の行動に比べて少なく、行動パターンごとにその差の有無を検定することができない。そこで、通過関係のトリップのみを抽出し、カイニ乗検定を行った。その結果を表-4に示す。

このとき実現値($\chi^2=24.64$)は棄却域($R=11.35$, $df=3$)に含まれるため、行動属性と期間には関連があるといえる。事後における車通過トリップ数が期待値より小さく、車迂回が期待値よりも大きいことから、車通過から車迂回へと行動が変化している様子がわかる。車での通過の場合、返金がないため訪問の時より、より課金を避ける傾向になると考えられる。

表-4 通過関連トリップ数の変化

	事前期間合計 トリップ回数 (期待値)	事後期間合計 トリップ回数 (期待値)	計
車通過	42 (30.71)	18 (29.29)	71
車迂回	17 (30.19)	42 (28.81)	61
高速通過	20 (14.26)	10 (14.65)	30
公共通過	8 (9.98)	13 (10.25)	21
計	87	96	183

(2) 行動変化に関する回帰分析

モニターごとの事前、事後での行動回数の平均の差を取り、回帰分析を行った結果を表-5に示す。

推定値が正であれば事後期間に行動が増加することを意味し、負であれば減少することを意味する。重決定係数が小さいことから、モデルのデータ適合度はあまり

表-5 行動変化に関する回帰分析

パラメータ	車訪問の変化		公共訪問の変化		車通過の変化		車迂回の変化	
	推定値	(t値)	推定値	(t値)	推定値	(t値)	推定値	(t値)
定数項	0.0047	(0.0)	0.0011	(0.0)	-0.0087	(-0.1)	-0.0208	(-0.2)
男性ダミー	0.205	(1.4)	0.092	(0.9)	-0.068	(-0.6)	0.085	(0.9)
年収(千万)	-0.181	(-1.0)	-0.111	(-0.9)	-0.012	(-0.1)	-0.003	(-0.0)
50歳以上ダミー	-0.193	(-1.6)	0.127	(1.5)	0.029	(0.3)	-0.022	(-0.3)
公務員ダミー	0.016	(0.1)	0.000	(0.0)	0.264	(1.9)	-0.119	(-1.0)
駅からの距離(km)	0.0073	(0.2)	-0.0127	(-0.5)	0.0021	(0.1)	0.0179	(0.7)
重決定係数	0.117		0.071		0.110		0.040	

高くない。サンプル数が少なく、統計的に有意なパラメータ推定値は得られていないものの、50歳以上の被験者では、車訪問の変化の推定値が負で公共訪問の推定値が正になっていることから、車訪問から公共訪問への交通手段を変更する傾向がうかがえる。

4. 非集計分析

ここでは、非集計分析を行なうことにより、少サンプル数を有効に用いつつ分析を行う。

(1) エリア通過手段選択モデル

課金エリアの通過関連トリップのみを抽出し、エリア通過時の手段選択モデルを構築する。尚、このとき以下のトリップは分析対象外とした。

- ・エリア内から出発している通過・迂回トリップ
- ・長距離トリップ(出発地もしくは到着地が東京等)

続いて、エリア通過(迂回)方法を選択肢集合とした多項ロジットモデルを構築し、行動に与える影響を把握する。説明変数及び選択肢の説明を以下に示す。

- ・各選択肢の所要時間については、動的経路案内システム「PRO-ROUTE」⁵⁾から算出
- ・各所要費用は以下のように定めた

車通過：ガソリン代+課金額(事後期間のみ)

車迂回：ガソリン代

高速通過：ガソリン代+高速道路代金

公共通過：電車利用料金

- ・出勤、業務、帰宅、帰社トリップにおける費用は課金額を除いて考慮しない(会社が負担する場合が多いため)。
- ・高速通過の所要時間が車迂回より長くなる場合は選択肢から除外
- ・出発地が最寄り駅からの距離が1.5km以上の場合は公共通過を選択肢から除外

推定結果を表-7に示す。

まず、事前期間の行動について考察する。所要時間パラメータの定数項についてはt値も小さいことから、基本的には所要時間は選択にあまり関係がないと考えられる。しかし、業務・帰社トリップダミーの推定値は負

に大きく、t値も有意である。したがって、業務・帰社時には他のトリップ時より所要時間が短い方法を選択することが分かる。

次に事後期間の行動について考察する。所要時間パラメータの定数項が有意でないことから、事前と同様に、基本的には所要時間は選択にあまり関係がないことが分かる。また、業務・帰社トリップダミーが有意ではなくなっていることが分かる。さらには、所要費用に関しては事前時と大きく異なり、推定値が負に大きくなっており、t値も有意となっている。これらより、事後期間の車通過への課金をきらい、所要時間の長い車迂回を選ぶ傾向になるということが分かる。

表-7 通過手段選択モデル

パラメータ	事前期間		事後期間		
	推定値	(t値)	推定値	(t値)	
車迂回定数項	0.538		(-1.6)		
高速通過定数項	-3.08		(-5.2)		
公共通過定数項	-0.533		(-0.1)		
所要時間(分)	定数項	-0.0130	(-0.5)	-0.0231	(-0.8)
	業務・帰社トリップダミー	-0.170	(-2.7)	-0.049	(-1.4)
所要費用(千円)	定数項	1.34	(0.9)	-4.53	(-3.5)
	業務・帰社トリップダミー	-	-	1.20	(0.8)
サンプル数	107				
自由度調整済み決定係数	0.219				

(2) 訪問時の手段選択モデル

エリア訪問関連トリップのみを抽出し、エリア訪問時の手段選択モデルを構築する。尚、このとき以下のトリップは分析対象外とした。

- ・エリア内から出発している訪問トリップ
- ・長距離トリップ

集計結果を以下の表-8に示す。トリップ回数では、利用手段によらずトリップ数が増加している。

表-8 訪問関連トリップ数

	事前期間合計トリップ回数	事後期間合計トリップ回数	計
車訪問	124	166	290
公共訪問	180	245	425
計	304	411	715

また、2項ロジットモデルの推定結果を以下の表-9に、説明変数及び選択肢の説明を以下に示す。

- 各選択肢の所要時間については、動的経路案内システム「PRO-ROUTE」から算出
- 各所要費用は以下のように定めた
車訪問：ガソリン代
公共訪問：電車利用料金
- 出勤、業務、帰宅、帰社トリップの所要費用は0円
- 公共訪問の課金額：0円
車訪問の課金額：(600-トリップ目的ごとに求めた平均返金額)円
- 出発地が最寄り駅からの距離が1.5km以上の場合は最寄り駅までP&RかK&Rをすと仮定し、電車利用料金の他に、最寄り駅までのガソリン代を所要費用に加えた
- 直前トリップ手段が車ダミーとは、現トリップの目的が業務もしくは帰社であり、一つ前のトリップ目的が業務で手段が車である場合のダミーである

表-9 訪問手段選択モデル

パラメータ	事前期間		事後期間	
	推定値	(t 値)	推定値	(t 値)
定数項	2.06 (6.4)			
直前トリップ手段が車ダミー	-7.23 (-2.8)			
所要費用(千円)	-5.99 (-1.8)		-2.96 (-0.9)	
所要時間(分)	定数項	-0.112 (-5.7)	-0.084 (-3.1)	
	出勤トリップダミー	0.0790 (4.5)	0.0301 (0.9)	
	自由トリップダミー	0.000 (0.0)	0.055 (1.6)	
課金額(千円)	定数項	-- --	3.70 (1.5)	
	出勤トリップダミー	-- --	-5.92 (-2.3)	
	自由トリップダミー	-- --	0.917 (0.3)	
サンプル数	715			
自由度調整済み決定係数	0.403			

まず共通項について考察する。直前トリップ手段が車ダミーは公共交通の効用関数に含まれている。推定値が負に大きく、t値も有意であることから、対象トリップの目的が業務もしくは帰社であり、前のトリップ目的が業務で手段が車である場合は、公共交通を選択しにくいということが分かる。業務中や移動手段を変えることはまずあり得ないので当然の結果である。

次に事前期間の行動について考察する。所要時間パラメータの定数項については、推定値が負でt値も大きく有意であることから、所要時間が短い選択肢を選ぶ傾向にあると分かる。所要費用パラメータの推定値も負であり、所要費用が少ない選択肢を選ぶ傾向にあるといえるが、t値は所要時間ほど有意ではない。所要時間パラメータの出勤トリップダミーについては、推定値が正になっている。出勤トリップではその他のトリップよりも所要時間に対する抵抗が小さいことが分かる。

次に事後期間の行動について考察する。所要時間パ

ラメータの定数項や所要費用パラメータについては、推定値は事前同様負であるが、t値は事前ほど高くない。また、課金額パラメータについて、推定値は正となっている。したがって、課金額が高い選択肢を選ぶ傾向にあるといえる。しかし、出勤トリップダミーの推定値は負に大きくなっている。出勤時は課金を嫌う傾向にあるといえる。所要時間パラメータの出勤ダミーについては、t値が事前期間と比べてかなり小さくなっている。出勤時に課金を嫌うことにより、所要時間を気にしなくなる傾向になることが分かる。

また、課金額パラメータについては、出勤トリップ以外のトリップではパラメータ値は正となるが、統計的に有意ではない。ただし、出勤トリップダミーは有意な負のパラメータ値となっている。したがって、出勤時は課金を嫌う傾向にあるといえる。所要時間パラメータの出勤ダミーについては、t値が事前期間と比べてかなり小さくなっている。このことから、出勤時に課金を嫌うことにより、所要時間を気にしなくなる傾向になることが分かる。

(3) 車訪問時のエリア内滞在時間及びエリア内トリップ回数に関する分析

ここでは、車で訪問した時のエリア内滞在時間及びエリア内トリップ回数に関して集計及び分析を行う。尚、トリップデータは第2クールのみを使用した。以下の表-10に基礎集計の結果を示す。t値は有意ではないが、事後期間で滞在時間、トリップ回数ともに増加傾向にある。

表-10 エリア内滞在時間及びエリア内トリップ回数

	事前期間	事後期間	t 値
平均滞在時間(分)	281.64	334.77	1.8
流出までの平均トリップ回数(回)	1.8	2.03	1.4
サンプル数	191	228	

次にエリア内滞在時間について回帰分析を行った。その結果を表-11に示す。

表-11 エリア内滞在時間に関する回帰分析

パラメータ	事前期間		事後期間	
	推定値	(t 値)	推定値	(t 値)
定数項	222	(4.4)	346	(5.2)
50才以上ダミー	60.6	(1.4)	48.9	(0.8)
女性ダミー	-58.0	(-1.2)	-55.6	(-0.8)
年収	38.0	(0.5)	-132.2	(-1.1)
出勤ダミー	215	(3.6)	195	(2.9)
自由ダミー	31.6	(0.8)	71.2	(1.2)
サンプル数	191		228	
修正済み決定係数	0.082		0.051	

事前期間と事後期間を比べてみても、傾向に大きな違いはない。よって、滞在時間は課金されると長くなる

傾向にはあるが、ここで導入できなかった要因が影響している、もしくは、属性によらず全体的に滞在時間が増加していると考えられる。

次に、オーダードプロビッドモデル⁶⁾を用いて、エリア内トリップ回数に関するモデルを構築する。今回のモデルでは、訪問時の流出までのトリップ回数を「1回」「2回」「3回」「4回以上」と4つのカテゴリーに分類した。推定結果を以下の表-12に示す。

表-12 エリア内トリップ回数モデル

パラメータ	事前期間	事後期間
	推定値 (t 値)	推定値 (t 値)
閾値 1	0.228 (1.3)	
閾値 2	0.931 (5.3)	
閾値 3	1.41 (7.7)	
50 才以上ダミー	0.081 (0.4)	-0.147 (-0.7)
女性ダミー	-0.852 (-3.3)	-0.279 (-1.2)
年収(千万)	-0.0345 (-0.1)	0.0650 (0.2)
出勤トリップダミー	0.560 (2.0)	0.372 (1.7)
自由トリップダミー	0.333 (1.7)	0.405 (2.0)
サンプル数	421	
修正済み決定係数	0.183	

事前では女性ダミーのt値が大きく有意に負であったのに対して、事後ではt値が有意でなくなっている。すなわち、女性ほどトリップ回数が少ないという傾向が、PDSの実施により弱くなるのがうかがわれる。また、自由トリップに関しては、事後のほうがよりトリップ回数が増える傾向にあるといえる。すなわちPDS実施下では、買い物行動により返金が行われるため、買い物等の行動をする回数が増えるのではないかと考えられる。

5. まとめ・今後の課題

本研究では、社会実験を通してPDSの実証的な効果検証をした。実験結果から、事前期間に比べ事後期間では、車でのエリア通過は減少し、エリア迂回が増加していることからPDS施策には通過交通量排除効果があるという結果が得られた。また、エリア訪問の手段選択には、トリップ目的が大きく関わっており、出勤トリップでは、PDS実施による課金を嫌うことが分かった。しかし、全体としてサンプル数が少なかつたため、詳細な分析をすることができなかった。サンプル数を増やして再度分析をする必要がある。

また、今回の社会実験のシステムでは、PDS施策によるエリア訪問の行動変化を詳細に確認することは難しい。エリア訪問の行動変化を分析するためには、協力金のシステムを変更する必要がある。実験の代替方法として、トリップ毎に協力金を支払うのではなく、実験前に一定金額をモニターに渡しておき、実験中に訪問があった際には実際に課金するというシステム等が考えられる。

参考文献

- 1) 三輪富生, 新井秀幸, 山本俊行, 安藤章, 森川高行: 都心来訪者の駐車デポジットシステムに対する受容性に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.25, No.1, pp.165-174, 2008.
- 2) 金森亮, 森川高行, 山本俊行, 三輪富生 (2007): 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(4), pp.915-926.
- 3) 薄井智貴, 三輪富生, 山本俊行, 森川高行: 一般市民の政策評価のための Web ベース意志決定支援システムの構築, 報処理学会第 71 回全国大会講演論文集, 2009.
- 4) 朝倉康夫, 羽藤英二, 大藤武彦, 田名部淳: PHS による位置情報を用いた交通行動調査手法, 土木学会論文集, NO.653/ -48, pp.95-104, 2000.
- 5) 森川高行, 山本俊行, 三輪富生, 王立暁 (2007): 動的経路案内システム「PRONAVI」の開発と性能評価実験, 交通工学, Vol.42, No.3, pp.65-75.
- 6) 北村隆一・森川高行 (2002): 交通行動の分析とモデリング, 技法堂出版