

# 機関分担・配分統合モデルを用いたロードプライシング導入による効果分析

長岡技術科学大学 環境システム工学専攻 石井 歩未  
長岡技術科学大学 環境・建設系 佐野 可寸志

## 1. 背景および目的

新潟市では他の政令指定都市よりも自動車の分担率が高く、公共交通の分担率が極めて低い車社会である。これにより慢性的な渋滞が起こっており、公共交通であるバスの定時制及び速達性に支障をきたしていると考えられる。このような渋滞問題を解決する為に、道路整備やバス停の整備等、ハード面での対策の一方で交通需要マネジメント等のソフト面からの対策がある。交通需要マネジメントとは自動車利用者の行動を変えることにより、交通渋滞などの交通問題を解決する手法である。

本研究では新潟市のこのような渋滞問題を解決する為に、ハード面での交通施設の整備は実現に長期間必要で財政的にも難しいため、交通需要マネジメントに着目する。特に、新潟市中央区の中心部に流入する交通量の抑制を行うため、交通需要マネジメントの一つであるロードプライシングに重点を置き、ロードプライシングの効果を定量的に分析する。

ロードプライシングとは車の利用に課金を設けることで自動車の需要を変化させることを目的としており、2003年にロンドンで大規模なロードプライシングが実施されて以来、多くの研究が行われている。円山<sup>1)</sup>ではエリア課金とコードン課金の比較分析を行っている。厳密に分析された事例が少ないエリア課金を取り上げ、エリア課金モデルの定式化を行っている。金森, 森川, 山本, 三輪<sup>2)</sup>では、駐車デポジットシステムを用いている。名古屋都市圏を用いて分析を実施し、駐車デポジットシステムによって課金エリアへの来訪者の減少が改善可能であることを示している。

本研究の目的は、新潟市でのロードプライシングに対する受容意識を調査・分析する。また、そのアンケートの結果より非集計モデルを構築し、課金後の交通手段選択時に影響を与える選択要因を明らかにする。次に、機関分担配分統合モデルを用いて配分を実施し、ロードプライシングの効果を定量的に分析する。最後に、以上の3点を総括し、新潟市でのロードプライシングの実施可能性を検証する。本研究の焦点を以下の3つにまとめた。

- ① 新潟市中央区へ通勤している人のロードプライシングや自動車への意識を明らかにする。
- ② 課金後の交通手段の非集計モデルを作成し、交通手段選択要因を明らかにする。
- ③ 新潟市のような自動車分担率の高い都市でのロードプライシングの実施可能性を検証する。

## 2. 研究の方法

本研究の目的は新潟市におけるロードプライシングの効果分析である。新潟市中央区に通勤している人を対象に「ロードプライシングに関するアンケート調査」を行う。この結果を用いて、新潟市の通勤者のロードプライシングに対する受容意識を明らかにする。また、アンケート結果より非集計ロジットモデルを作成し、ロードプライシング実施後の交通手段選択の要因を分析する。

次に、機関分担配分モデルを用いて新潟駅周辺エリアを課金エリアに設定し、ネットワーク上でロードプライシングを実施する。課金方法は、流入の度に課金が発生し、流出の際は課金が発生しないタイプのコードン課金を実施する。また、課金を行う地域は、地域内の混雑度などを考慮した上で様々な範囲で実施し、自動車の交通量や混雑度の変化よりロードプライシングの効果分析を定量的に実施する。

以上を総括し新潟市でのロードプライシングの実施可能性について考察しまとめる。

## 3. ロードプライシングに関するアンケート調査

### (1) 調査の概要

本調査は平成24年7月3日～21日、同年9月13日～27日の期間に新潟市中央区の事業所を中心に行い、調査は紙とウェブによるアンケートの2種類を用いた。アンケート調査を行った企業は新潟市ノーマイカーデーに参加している企業及び、労働組合の方に紹介していただいた新潟市中央区の事業所を中心に行った

### (2) 調査項目

- ・個人属性  
年齢、性別、免許保有の有無、自動車保有の有無など。
- ・普段の通勤状況  
普段の通勤時に利用している交通手段、通勤時と帰宅時の所要時間など。
- ・自宅および会社周辺の公共交通の状況  
自宅および会社の周辺にあるバス停や駅までの交通手段とそれにかかる所要時間など。
- ・自動車利用者の支払い意志額の調査  
普段の通勤において、自動車を利用者が自身の会

社がロードプライシングの課金エリアの対象となった場合の1日および1回の支払い意志額、その支払い意志額以上となった場合の行動の変化など。

- ・ロードプライシングに対する意識調査  
ロードプライシングが実際に実施された場合、どのように思うか。
- ・環境に対する意識調査  
環境や車の利用や、公共交通についてどのように思うか。

### (3) 回収状況

表1にアンケートの回収状況を示した。紙アンケートは330部配布し、254部回収した。ウェブアンケートは任意で答えてもらうため、配布数等はなく、回答数は267部であった。全回答数は521部であり、その内有効回答数は499部であった。この時、無効とした回答は、必要な質問項目が記載されていないもの、事業所が新潟市中央区在住ではないものである。また、図1はアンケート調査実施した企業の分布図である。

表1 アンケートの回収状況

	紙アンケート	ウェブアンケート
配布数	330	—
回答数	254	267
回答率	77%	—
有効回答数	242	257
全回答数	521	
全有効回答数	499	



図1 アンケート実施企業の分布図

### (4) 調査結果

#### ◇個人属性について

性別では男性が8割と大半を占めていた。年齢では紙アンケートでは50代が32%と多く、ウェブアンケートでは40代が33%と一番多く、紙アンケートの方が回答者の年齢層が高い結果となった。住所では、紙、ウェブアンケートとも中央区が34%と40%と一番高い結果となり、

次いで西区が20%を占める結果となった。

#### ◇交通手段について

図2より、通勤時に利用している交通手段では自家用車が一番多く、43%と一番多い。新潟市全域での自動車分担率は全体の7割と非常に高い割合を占めていたが、今回行ったアンケートでは43%と新潟市全域よりも低い結果となった。次いで公共交通が多く、特に路線バスは20%と高い結果となった。こちらも新潟市全域の平均に比べると割合が大きくなっている。

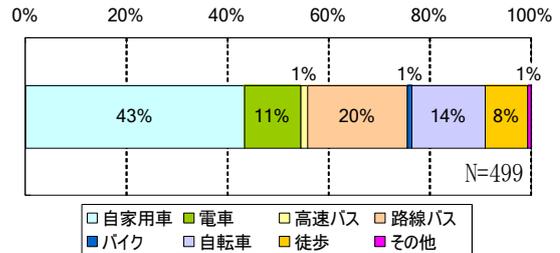


図2 普段利用している交通手段の内訳

#### ◇最寄りの公共交通までの手段と所要時間について

ここでは回答者の自宅から最寄りのバス停及び駅までの所要時間及び交通手段を回答してもらった。集計では、バス停または駅のどちらか一方のより所要時間が短い方を選択した。また、交通手段が自動車及び自転車の場合は、徒歩の所要時間に換算している。

図3は全回答者の自宅から最寄りの公共交通までの所要時間の内訳を示している。0～15分が一番多く占めており、90%となっている。ついで多いのが16～30分の5%である。しかし、60分以上も1%と少なからずいることがわかる。

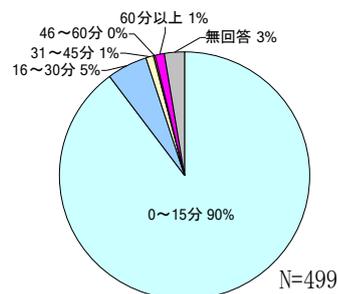


図3 自宅から最寄りの公共交通までの所要時間

#### ◇通勤エリアが課金地域となった場合の支払い意志額

ここでは普段の通勤手段で自動車を選択している人を対象に、自身の通勤エリアが課金対象エリアとなった場合、支払ってもよい意志額を回答してもらった。ここで、その都度課金が発生する1回課金についての支払い意志額の内訳を図4に示す。この時、課金額によらず交通手段を自動車から変更しない人の内訳を表2に示した。ま

た、課金額によっては交通手段を変更する人の変更後の交通手段の内訳を図5に示す。

図4より支払意志額は1円～100円が一番多く75%を占めている。次いで101～200円多いが、8%と非常に少なく、多くの人が1回ごとの課金の場合には100円以下までであれば自動車を利用する結果となった。

表2より課金額によらず交通手段を自動車から変更しない人と交通手段を変更する人の割合は半々となった。

図5は自動車利用者の内、支払い意志額以上の課金額になった場合交通手段を変更すると答えた人の変更後の交通手段の内訳を示している。路線バスが一番多く、次いで電車と公共交通へ移行する人が一番多い結果となった。

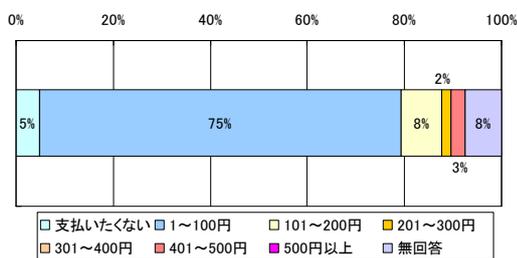


図4 一回課金・支払い意志額

表2 自動車利用者の課金後の選択肢内訳

自動車利用者		214
課金後	交通手段を変更する	107
	自動車の利用を続ける	107

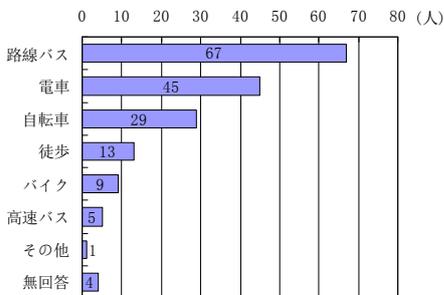


図5 課金後の交通手段の内訳

#### ◇ロードプライシング・自動車に対する意識

図6は自身が支払ってもいいと思う課金額でロードプライシングが実施された場合、どのように思うか、その理由の内訳を示している。図は回答者全体の内訳と自動車利用者の内訳を示している。

全体でみると「渋滞が減少して環境にも良くなるならいいと思う」が一番多く178人いるが、自動車利用者だけでみると「お金の負担が大きくなるのは嫌なのでやめた方がいいと思う」が一番多くなっている。

図7は自動車の利用に対する意識を示している。「できるだけ車の利用を控えようという気持ちはあります

か」ではそう思わないと感じている人が23%と多くいた。また、「車の利用を控えることは難しい事だと思いますか」ではそう思うと強く感じている人が他の質問よりも多く31%いた。しかし、「車で移動は環境に良くないと思います」ではそう思うと感じた人が半数以上いることがわかる。「公共交通がもっと便利になったら使いたいと思いますか」ではそう思うと強く感じている人が一番多く48%と約半数おり、そう思わないと感じている人は7%と少ない結果になった。

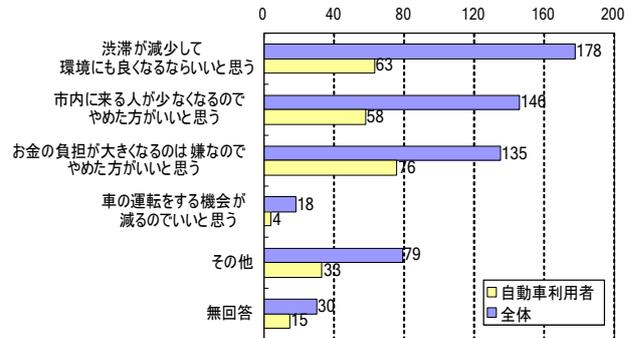


図6 ロードプライシングに対する意識



図7 自動車の利用に関する意識

#### (5) ロードプライシングに対する受容意識

ロードプライシングに対する意識では、「渋滞が減少して環境にも良くなるならいいと思う」が一番多く占めていたが、自動車利用時のお金の負担や市内への来訪者の減少を懸念するなどの消極的な意見も多く見られた。また、支払い意志額が100円以下と非常に低い事からもお金の負担が多くなる事がロードプライシングへの意識を消極的にさせている要因であると考えられる。しかし、公共交通が発達したら利用したいと強く感じている人が非常に多い事から、公共交通が発達した上でのロードプライシングの実施であれば、自動車利用者のロードプライシングに対する消極的な意見も減少するのではないかと考えられる。また、アンケートの自由回答欄等の回答により、課金によって発生したお金の利用方法等や通勤にかかる費用の負担など様々な問題点を挙げるができる。この様な問題を解決し、ロードプライシングに対する消極的な意識を改善していく必要があると考えられる。

#### 4. 通勤交通行動の分析

##### (1) 多項ロジットモデルによるパラメータの推定

アンケートの結果より非集計ロジットモデルを用いてパラメータを推定する。アンケート項目の、「支払い意志額以上の課金額の場合の行動の変化」の結果より、RPが実施された場合の交通行動の変化を明らかにする。

図8より、課金後、自動車の利用を続ける (i=1)、公共交通に変更する (i=2)、その他の交通手段 (バイク・自転車・徒歩) へ変更する (i=3) とし、第一段階は「自家用車の利用を続ける」と「他の交通手段へ変更する」、第二段階で「公共交通へ変更する」と「バイク、自転車、徒歩等のその他の交通手段へ変更する」となる2段階のロジットモデルを考える。ここで、モデルの精度を上げるために、有効なサンプル数210サンプルのみを使用する。

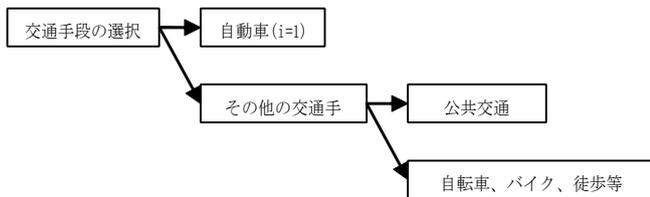


図8 ロジットモデルの概要図

##### (2) 説明変数のついて

利用する説明変数は自動車、公共交通、その他の交通手段についてそれぞれの所要時間、所要費用、乗車外時間を算出し、利用する。

自動車では、自動車の時速を40km、ガソリン代を145円/1Lとして自動車の所要時間より通勤距離を算出し、費用の算出を行った。

公共交通では、アンケートの結果より、最寄りのバス停、又は駅を利用し、会社の最寄りのバス停、又は駅までの所要時間を新潟交通の時刻表、及びJRの時刻表を用いて算出した。費用についても同様である。

##### (2) モデルの推計結果

表3にパラメータの推定結果を示す。

表3 パラメータの推定結果

変数	パラメータ	t値
所要費用	a	-0.051
所要時間	b	-1.086
乗車外時間	c	-1.203
距離	d	-4.079
的中率		48%
尤度		-31.7
時間価値(円/分)		21

##### (3) 推計結果の検討

###### ◇所要時間

パラメータの符号は負であり、一般的には所要時間が増加すれば、効用は低下するとされているので符号は正しいといえる。また、t値の絶対値が1.960より大きい場合、変数は統計的に95%の信頼度で選択確率に影響を与える要因とみなせる。表より、t値は1.960以上であるので、影響を与える要因とみなせる。しかし、他のパラメータと比較して小さく、あまり影響を及ぼさないとと言える。

###### ◇費用

パラメータの符号は負であり、一般的には費用が増加すれば、効用は低下するとされているので符号は正しいといえる。t値の絶対値みると、十分な値であることから、パラメータの有意性に問題はないと考えられる。

###### ◇乗車外時間

パラメータの符号は負であり、一般的には乗車外時間が増加すれば、効用は低下するとされているので、符号は正しいといえる。t値の絶対値をみると、1.960を超えている事から、パラメータの有意性に問題はないと考えられる。

###### ◇距離

パラメータの符号は負であり、一般的には距離が増加すれば、効用は低下するとされているので、符号は正しいといえる。t値の絶対値をみると、パラメータの有意性に問題はないと考えられる。ここで、その他の交通手段選択者は自宅から会社までの通勤距離が交通手段選択に大きな要因を与えると考えられる。

###### ◇モデルの説明力

表3-1より、モデルの的中率は一般的に70%以上で再現力があると言われているが、今回の結果では48%と低い結果となった。しかし、尤度比の値は0.4以上であり、十分な結果が得られたと言える。

##### (4) 交通手段の選択要因

乗車外時間が手段選択に大きく影響していることが分かった。また、所要費用や所要時間は乗車外時間に比べると殆ど影響を及ぼしていないと言えるが、所要費用に比べると所要時間の方が若干ではあるが手段選択に影響を及ぼしていると言える。よって、乗車外時間や所要時間など、通勤時にかかる時間が交通手段を選択する際に影響を及ぼすことが分かった。

## 5. 機関分担・配分統合モデルの構築

新潟市ネットワーク上に課金エリアを設定し、機関分担配分統合モデルを用いて交通量を測定する。機関分担・配分統合モデルとは従来の四段階推定法とは異なり、分担交通と配分交通を同時に推定するモデルである。その為、分担交通・配分交通で求めた交通サービス水準が一致する為、四段階推定法よりもより合理的なモデルを用いることができる。

### (1) 利用データ

第3回パーソントリップ調査より、目的別代表交通手段のOD表を作成し、この調査のゾーニングより127ゾーンを抜き出しネットワークを作成した。また、リンクコスト関数にはBPR式を用いて、標準値である $\alpha$ を0.48、 $\beta$ を2.82に設定した。

### (2) 新潟市の交通現況再現

課金エリアでの課金を実施する前に新潟市の交通状況をネットワーク上に再現する。図9は課金エリアの図である。新潟駅周辺エリアを課金地域にし、更に新潟駅南口方面へバイパスを利用して流入するリンクに課金が発生するように範囲を指定した。

配分した結果を平成17年道路交通センサスの交通量と比較する。図10はその比較箇所を示している。また、比較結果を表4に示す。

表4より、誤差なしを100%としたとき、箇所①、③、⑬で80%前後となったが、その他の箇所では90%を超えており、精度の高い現況再現とは言えないが、本研究を実施する上では十分であると考えられる。



図9 課金エリアの図

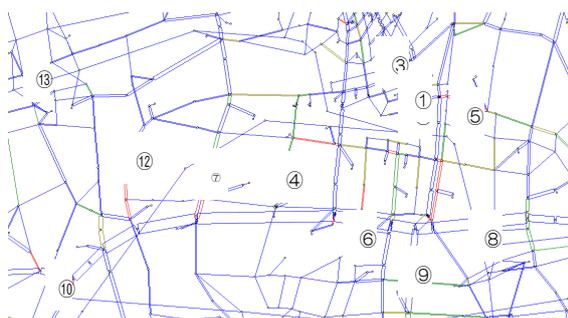


図10 新潟市の現況再現比較箇所

表4 現況再現比較結果

位置	台数(台/日)			誤差(%) ※100%を誤差なしとする
	センサス	STRADA	誤差	
①	54296	44503	9793	82%
②	31435	29014	2421	92%
③	48815	41380	7435	85%
④	34158	32101	2057	94%
⑤	20524	19887	637	97%
⑥	132108	121397	10711	92%
⑦	41806	38817	2989	93%
⑧	124146	117692	6454	95%
⑨	72872	71314	1558	98%
⑩	63563	63153	410	99%
⑪	32506	29864	2642	92%
⑫	24059	22651	1408	94%
⑬	22208	17525	4683	79%

## 6. 課金エリアでの機関分担配分統合モデルの実施結果

新潟市ネットワーク上にコードン課金エリアを設定し、現況再現で使ったデータを用いて通勤目的ODより機関分担統合モデルを実施する。

ここで、課金方式は、リンク上に課金が発生する箇所を作成し、エリア内に流入する場合にのみ課金されるように設定する。

課金額はアンケートの結果より100円、200円、300円、400円、500円で実施する。

図11は課金エリア内の交通量の変化等を比較する箇所を示している。この①～⑥の箇所に重点を置き、それぞれの課金額での交通量の変化と混雑度の変化を比較する。

表5では交通量の変化を、表6では混雑度の変化をそれぞれ比較した結果を示す。

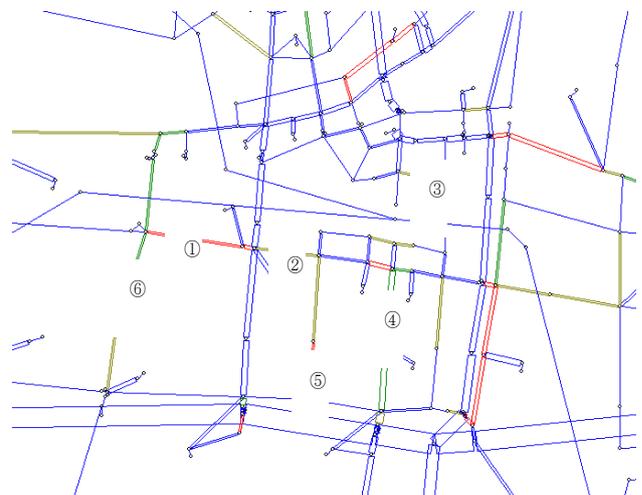


図11 交通量及び混雑の比較箇所

表5 箇所別の交通量の変化

位置	課金額					
	なし	100円	200円	300円	400円	500円
①	18,172	16,908	16,175	16,775	16,684	16,185
②	17,308	14,328	14,901	14,593	14,904	14,573
③	6,714	2,534	2,018	1,580	660	2,021
④	37,001	30,801	31,554	32,450	33,030	32,800
⑤	14,781	14,317	12,126	11,349	11,808	11,951
⑥	10,838	9,225	9,493	9,456	9,432	9,244
総計	104,814	88,113	86,267	86,203	86,518	86,774

表6 箇所別の交通量の変化

位置	課金額					
	なし	100円	200円	300円	400円	500円
①	1.510	1.410	1.350	1.400	1.390	1.350
②	1.440	1.190	1.240	1.220	1.240	1.210
③	0.700	0.260	0.210	0.160	0.070	0.210
④	1.070	0.890	0.910	0.940	0.950	0.950
⑤	1.540	1.490	1.260	1.180	1.230	1.240
⑥	1.130	0.960	0.990	0.990	0.980	0.960
平均	1.232	1.033	0.993	0.982	0.977	0.987

◇交通量の変化

表5より、課金が発生しない場合の交通量と比較すると、課金が発生した場合の交通量が増加していることがわかる。しかし、交通量の総計で比較すると、課金額が300円までは交通量が減少傾向に見られるが、400円と500円では交通量の総計が増加している傾向が見られた。

◇混雑度の変化

表6より、課金が発生しない場合の混雑度と比較すると、課金が発生した場合の混雑度は低くなっていることがわかる。全体の平均の混雑度で比較すると、課金額が200円になると混雑度が1.0を下回ることがわかる。しかし、交通量と同様に、課金額が400円までは混雑度は低くなる傾向にあるが、500円になったときに、若干ではあるが、混雑度が高くなっていることがわかる。

◇課金エリア外の比較

課金が発生しない場合と、課金額が300円の場合の課金エリア外の交通量の比較を行う。図12は課金エリア内の比較箇所を示した図である。表7はそれぞれの比較箇所での交通量の結果を示しており、表8は混雑度の結果を示している。課金エリア外の図を比較すると、課金額が300円の場合、エリア外で交通量が増加している傾向が見られた。

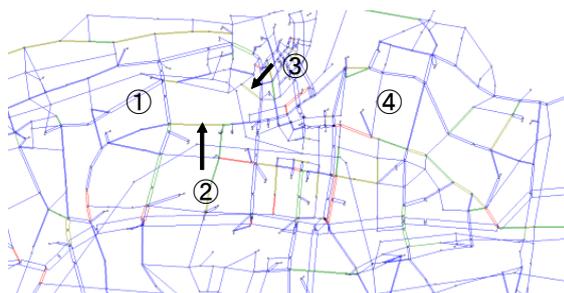


図12 課金エリア内の比較箇所

表7 箇所別の交通量の変化（課金エリア内）

位置	課金額	
	なし	300円
①	17,765	18,272
②	16,590	18,743
③	14,010	15,360
④	19,887	18,909
合計	17,063	17,821

表8 箇所別の混雑度の変化（課金エリア内）

位置	課金額	
	なし	300円
①	1.480	1.520
②	1.440	1.630
③	1.460	1.600
④	1.510	1.430
平均	1.473	1.545

7. まとめ

ロードプライシングに関する受容意識では、賛成意見も多く見られる結果となったが、お金の負担が増加することや、市内への来訪者の減少などの消極的な意見も同様に見られた。よって、このような課題を解決しなければ、ロードプライシングの実施は難しいと考えられる。しかし、公共交通の利便性向上によっては自動車の抑制を図ることができると考えられる。

新潟市ネットワーク上での仮想的なロードプライシングの実施結果では、課金地域内の交通量は減少する結果となった。しかし、課金額による交通量の変化があまり見られないことから、モデルのパラメータ等の再設定の必要であると考えられる。また、課金地域外での交通量や混雑度の増加という結果から、課金地域内の自動車がその外へ流れてしまい、別の場所で新たな渋滞が起こる結果となった。この問題点の解決方法として、エリアの再設定や別の交通手段への変換方法の設定などがあると考えられる。

今後の課題として、先ほど述べたモデルの再設定を行い、更に精度の高い需要予測の実施が必要であると考えられる。また、本研究のアンケートでは、「あなたの通勤エリアが課金地域になった場合にどうしますか」とした上で回答をもらった。よって、課金地域をはっきり指定した上でアンケートを実施し、行動の変化を問う等の実施が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 円山琢也, 都市域における混雑課金の政策分析: レビューと展望, 土木計画学研究・論文集, 26(1):15-32, 2009.09.30
- 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(4), p.915926, 2