

料金施策による交通行動変化に関する分析

荒木 正登¹・佐藤 仁美²・倉内 慎也³

¹学生会員 名古屋大学 環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: araki.masato@f.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学特任助教 環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-3 (651))

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

³正会員 愛媛大学講師 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)

E-mail: kurauchi@cee.ehime-u.ac.jp

本研究では、環境負荷の削減を目的とした交通料金政策による行動変化について、プローブパーソン端末を利用した社会実験を実施し、その効果を把握することが目的である。社会実験では、①特定時間帯に自動車で出発した場合に課金される政策、②自動車利用時間に応じて課金される政策、③②の課金政策と公共交通運賃が割引される政策の3つを行った。社会実験は各政策を1週間ずつ実施し、普段の交通行動を把握する週を含め、4週間に渡って行った。得られたデータを用いて交通行動の変化を分析した結果、課金政策により自動車利用を減少させる効果を確認し、さらに、女性の方が所要時間よりもコストを優先する傾向にあり、課金効果が高いこと、出勤トリップでは課金効果が薄いこと、休日の方が課金効果が高いこと等が明らかになった。

Key Words : pilot program, Probe Person, charge, discount, traffic behavior changes

1. 序論

(1) 研究の目的及び背景

近年、世界では温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化が問題となっている。地球温暖化が進行すると気候の変化や海面の上昇などといった問題が起こると言われている。日本でもこの問題の解決が急務となっており、温室効果ガスのなかでも影響量が大きいと言われている二酸化炭素 (Carbon Dioxide, 以下CO₂) の排出量削減目標を、1997年の京都議定書では2012年までに1990年度比で6%、2009年の国連気候変動サミットでは2020年までに1990年度比で25%の削減を目標として掲げている。しかし、環境省 (2010)¹⁾によると、2008年度のCO₂排出量は1990年度比で1.6%増加しており、CO₂排出量の少ない「低炭素社会」の実現が急務となっている。また、国土交通省 (2010)²⁾によると2008年度のCO₂排出量の内訳では、全体の16.9%が自家用乗用車からの排出となっており、自家用乗用車からのCO₂排出量を減らすことが地球温暖化の進行に歯止めをかけるのに効果的であると考えられる。自家用乗用車からのCO₂排出量を減少させるには、電気自動車やハイブリッドカーといったエコカーの普及を促進させる、公共交通機関を整備する、課金政策によって自動車利用を減少させる、といった方法が挙げられるが、

今日本が掲げているCO₂排出量削減目標の期限は1年後までに迫ってきているため、比較的即効性がある課金政策による自動車利用の調整が今後重要視されると考えられる。課金政策については、都心部の混雑エリアへ自動車流入する際に課金されるロードプライシングや環境税があげられるが、ロードプライシングについては、ロンドンやシンガポールなど海外ではすでに実施されているものの、日本では実施に至っていない。環境税についても、検討はされているものの導入は難しいのが現状である。課金政策が導入できない最大の理由としては、課金政策に対する国民の反対が挙げられる。そのため、課金政策を導入する際には、まず、国民に対して課金の効果や必要性などを説明し、理解してもらう必要がある。

交通分野における課金や報酬に関する研究としては、ロードプライシングの研究が多く、膨大な研究が蓄積されている。一方で、環境税や報酬に関する研究については、ガソリン価格の高騰による交通行動の変化を把握した研究³⁾や渋滞の多い時間帯に課金をした場合の効果をシミュレーションで分析したもの⁴⁾、出勤時に公共交通運賃の補助を行った効果を分析したもの⁵⁾などに限られ、また、分析においては、過去の記憶や政策を実施した際の意向を尋ねたアンケート調査データが用いられている。ここで、アンケート調査については、回答者の負荷が大

きくなるという加減な回答が増えるなど、回答の信憑性の問題があるため、普段よく行う交通行動など限られた交通行動についてしか尋ねることができない。また、政策実施下での行動意向を尋ねる場合には、政策への賛否意識が回答に影響する政策操縦バイアスなどが生じる可能性がある。そのため、アンケート調査から効果を把握する場合には、分析結果と実際の効果に乖離が生じる危険性がある。

そこで本研究では、幾つかの経済的政策を実際に経験でき、かつ頻度の少ない交通行動への影響も把握できる社会実験を企画・実施し、政策の効果を詳細に分析することを目的とした。

(2) 本論文の構成

本論文は6章から構成される。第1章(本章)では研究の目的及び背景について述べた。第2章では今回の調査の概要について述べる。第3章ではプローブパーソン調査(Probe Person調査、以下PP調査)から得られたデータの基礎集計を示し、第4章では実施した政策の効果について分析を行う。最後に第5章で本研究の結論と課題について述べる。

2. 調査概要

経済的政策実施下での行動変化を観測するために、50名のモニターに政策を体験してもらった社会実験を実施した。実験ではPP端末を用いた。PP端末とは、GPS搭載の携帯電話のGPSシステムとインターネットを用いて日々の交通行動を記録するものである。従来の紙ベースで行うアンケート調査と比較して、日々の交通行動を詳細かつ長期間にわたり調査することが可能であるため、低頻度トリップや経路も高精度で観測でき、モニターが行った全ての交通行動について政策に対する反応を分析することが可能となる。

今回の実験では、表2-1に示すように、①特定時間帯に自動車で出発した場合に1トリップにつき150円または300円が課金される政策(ロードプライシングを想定)、②自動車利用時間に応じて1分当たり10円が課金される政策(環境税を想定)、③②の課金政策に加え公共交通運賃が30%割引される政策、の3つを設定した。実験期間を1週間単位で4つのタームに分け、普段の交通行動を把握する週を含め各政策を1週間ずつ実施し、合計4週間に渡って実験を実施した。その際、実際に政策が実施された時に近い行動を観測できるように、仮想政策下の行動に応じてモニターへの謝礼金額を変動することとし、モニターには収集したデータや課金、割引金額の確認を

webページにて毎日行ってもらった。なお、課金・報酬金額が大きくなるため、名古屋市から約50kmを目安に課金対象地域を設定した。

表2-1 社会実験の日程及び実施政策

	期間	仮想政策
Term1	11/22-11/28	なし
Term2	11/29-12/5	時間帯に応じた課金 (平日の6:30-7:00、8:00-8:30、 17:30-19:30は150円、 平日の7:00-8:00と 休日の9:30-11:00、16:30-18:30は300円)
Term3	12/6-12/12	自動車利用時間に応じた課金(10円/分)
Term4	12/13-12/19	自動車利用時間に応じた課金(10円/分) 公共交通機関運賃30%割引

3. 基礎集計

(1) 実験参加モニターの属性

モニターは男性24名、女性26名の計50名である。年齢については、20-34歳が21名、36-49歳が22名と、高齢者は少なく比較的若く働き盛りの方が多い。年収は、400-600万円未満が最も多く18名、次いで200-400万円未満が12名、800-1000万円未満が7名、600-800万円未満が6名、200万円未満は4名であった。職業については、会社員が29名でありほとんどを占めている。小学生未満の子供がいるモニターが14名、自分専用の自動車を保有しているモニターが23名であった。

(2) トリップ数の推移

表3-1はモニターごとに1日の平均トリップ数を集計した上で、Term1(通常行動期間)とTerm2(出発時刻に応じた課金政策、以下時間帯別課金)、Term3(自動車利用時間に比例した課金政策、以下自動車利用時間課金)、Term4(自動車利用時間課金+公共交通運賃割引)の平均トリップ数が等しいとの帰無仮説のもとでt検定を行ったものである。**が10%有意、*が5%有意を示している。

表3-1 平均トリップ数(トリップ/日・人)の推移

		Term1	Term2	Term3	Term4
平日	サンプル数	193	237	237	242
	平均	3.51	3.08	3.14	2.97
	t値		* -2.4	** -1.9	* -2.8
休日	サンプル数	141	91	92	95
	平均	3.51	3.02	2.72	2.21
	t値		-1.6	* -2.6	* -4.7

この結果から、平日も休日もほぼ有意にトリップ数が減少していることが分かる。これは、課金政策によって

トリップ自体を取りやめた可能性が高いと考えられる。また、代表交通手段別の平均トリップ数についても集計を行った。以下にその結果を示す。

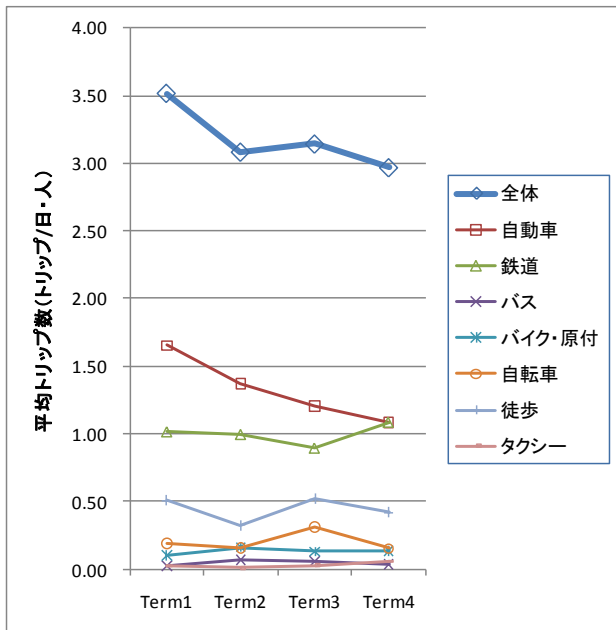


図3-1 代表交通手段別平均トリップ数 (平日)

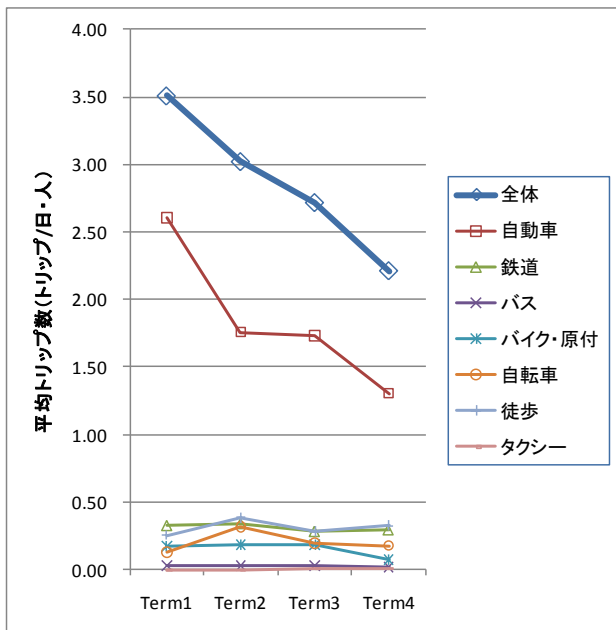


図3-2 代表交通手段別平均トリップ数 (休日)

図3-1と図3-2をみると、課金を行った自動車が代表交通手段のトリップが平日、休日ともに減少していることがわかる。そこで、前述のt検定を代表交通手段が自動車のトリップと鉄道・バスのトリップに関してそれぞれ行った。その結果を表3-2と表3-3に示す。代表交通手段が自動車のトリップ数に関しては、平日のTerm2（時間帯別課金）以外は有意に減少しており、課金されるのを避けるために自動車利用をやめたと考えられる。一方で、

代表交通手段が鉄道・バスのトリップに関しては、公共交通機関割引を行ったTerm4で若干トリップ数が増加しているが、政策を行った全てのTermで有意な増減は見られなかった。このことから、平日よりも休日のほうが課金によるトリップ数の減少効果が高いこと、自動車利用トリップのうちすべてが鉄道・バスに転換するわけではなく、トリップそのものを取りやめたモニターもいることがわかった。

表3-2 代表交通手段自動車トリップ

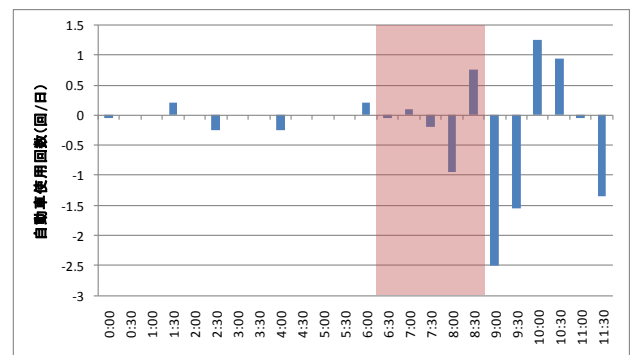
		Term1	Term2	Term3	Term4
平日	サンプル数	193	237	237	242
	平均	1.65	1.37	1.21	1.08
	t値		-1.5	* -2.3	* -2.9
休日	サンプル数	141	91	92	95
	平均	2.60	1.76	1.73	1.31
	t値		* -2.9	* -3.0	* -4.9

表3-3 代表交通手段鉄道・バストリップ

		Term1	Term2	Term3	Term4
平日	サンプル数	193	237	237	242
	平均	1.04	1.06	0.95	1.12
	t値		0.2	-0.8	0.6
休日	サンプル数	141	91	92	95
	平均	0.35	0.37	0.32	0.32
	t値		0.2	-0.3	-0.3

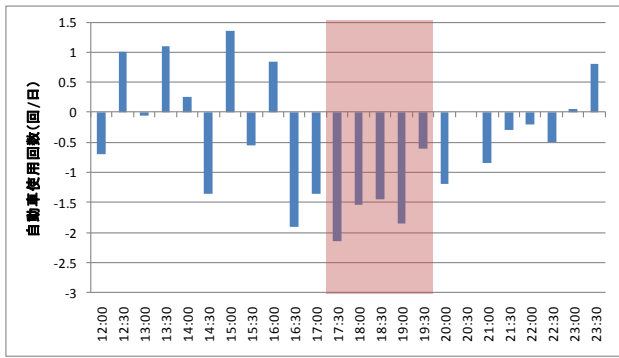
(3) 時間帯別課金によるトリップ数の変化

図3-3(a) (b), 図3-4(a) (b)に示すのは自動車移動の出発回数の1日平均を出発時間帯別に集計したもので、Term2（時間帯別課金）の30分ごとの自動車出発回数（1日平均）からTerm1（通常行動期間）の30分ごとの自動車出発回数（1日平均）を引いた差を表している。縦軸は自動車の1日当たりの出発回数であり、単位は回である。なお、網掛け部分は課金時間帯を表している。



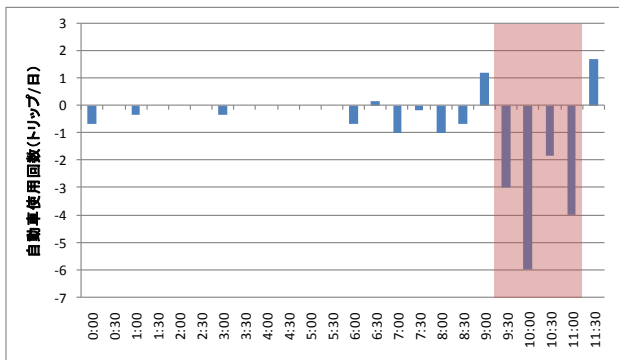
網掛けは課金時間帯

図3-3(a) 自動車出発時刻変更 (平日0:00-11:30)



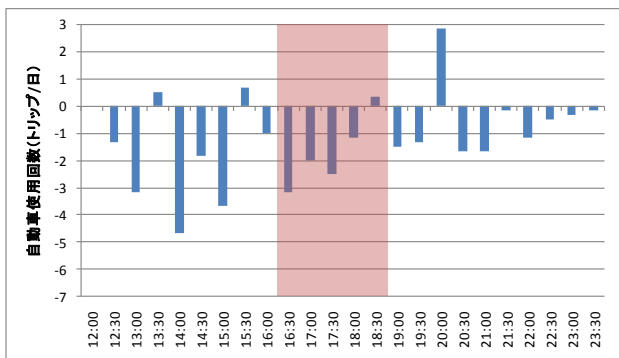
網掛けは課金時間帯

図3-3(b) 自動車出発時刻変更 (平日12:00-23:30)



網掛けは課金時間帯

図3-4(a) 自動車出発時刻変更 (休日0:00-11:30)



網掛けは課金時間帯

図3-4(b) 自動車出発時刻変更 (休日12:00-23:30)

上図から、平日の夕方、休日の課金時間帯のトリップ数が減少していることがわかる。平日の朝の課金時間帯のトリップ数の減少が少ないのは、この時間帯のほとんどは出勤目的トリップであり、出発時間を変更すること自体が難しいためか、今回の課金金額では出発時間を変更するインセンティブとなるほどの額ではないためかもしれない。次に、図3-5にTerm1とTerm2での出勤トリップの到着時刻分布を示す。Term1とTerm2でトリップ数の変化はほとんど見られず、出勤時刻が決まっているため交通行動を変更するのは難しいということが分かる。また、平日の朝、休日において課金時間帯の前後でトリップ数の増加が起こっているのは、課金を嫌って出発する

時刻を課金時間帯の前後の時間に変更したことが原因だと考えられる。

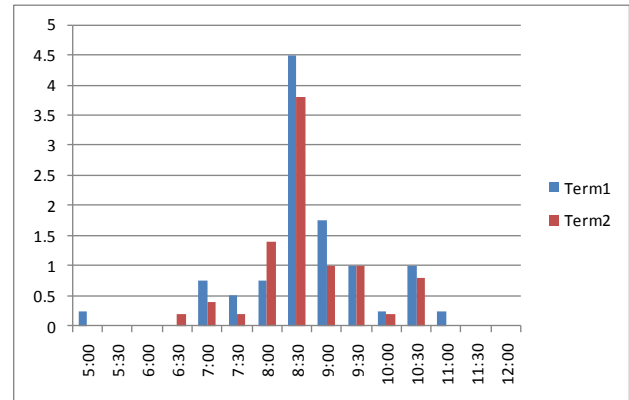


図3-5 出勤目的トリップ到着時刻分布

4. 政策の効果分析

(1) 自動車利用時間に関する回帰分析

自動車利用トリップについて自動車利用時間をTermごとにトリップ平均したものをTerm1 (通常行動期間) とTerm3 (自動車利用時間課金), Term4 (自動車利用課金+公共交通運賃割引) において回帰分析を行った結果を表4-1に示す。パラメータの推定値が正であれば、自動車利用時間に正の影響を及ぼすことを意味する。*は5%有意を表し、**は10%有意を表している。

表4-1 自動車利用時間に関する回帰分析

変数名	Term1		Term3		Term4	
	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
定数項	22.36	* 9.9	12.21	* 5.6	15.27	* 5.3
50歳以上ダミー	-12.34	** -1.7	-0.86	-0.2	2.16	0.3
女性ダミー	-4.18	* -2.5	-4.37	* -2.7	-5.19	* -2.5
保有台数	1.71	** 1.9	4.09	* 4.6	3.57	* 3.2
出勤ダミー	5.52	** 1.8	9.16	* 3.3	6.68	* 2.2
休日ダミー	1.24	0.8	2.65	1.6	3.32	1.6
サンプル数	718		484		420	
R ²	0.017		0.08		0.068	

\bar{R}^2 が小さいことから、モデルのデータ適合度はあまり高くない。切片に注目するとTerm3 (自動車利用時間課金), Term4 (自動車利用時間課金+公共交通運賃割引) とともにTerm1 (通常行動期間) より減少しており、自動車利用時間のトリップ平均は自動車利用時間に比例した課金政策を実施することで減少させることができることが分かる。また、出勤ダミーの推定値が増加し有意になっていることから、出勤目的では課金政策の効果が低いということがわかる。保有台数項についても正の相関があることがわかり、保有台数が増加すると課金政策

表4-2 頻度モデルの推定結果（代表交通手段自動車トリップ）

変数名	Term1		Term2		Term3		Term4	
	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
定数項	0.232	* 2.2	-0.098	-0.8	0.155	1.2	-0.390	* -2.9
女性ダミー	0.327	* 4.1	0.420	* 4.3	0.251	* 2.5	0.445	* 4.1
休日ダミー	0.465	* 6.1	0.246	* 2.5	0.364	* 3.7	0.192	* 1.8
保有台数	0.177	* 3.8	0.240	* 4.5	0.100	* 1.7	0.270	* 4.7
50歳以上ダミー	-0.376	* -2.7	-0.098	-0.7	-0.427	* -2.5	-0.563	* -2.6
年収400万円以下ダミー	-0.529	* -5.7	-0.715	* -6.2	-0.759	* -6.3	-0.547	* -4.6
サンプル数	334		328		329		337	
初期尤度	-880		-678		-669		-625	
最終尤度	-685		-605		-612		-586	

の効果は減少することが分かる。50歳以上ダミーに関しては、Term1（通常行動機関）では有意に負の推定値であったのが、Term3（自動車利用時間課金）、Term4（自動車利用時間課金+公共交通運賃割引）では推定値が有意でなくなっていることから、課金政策によって年齢による自動車利用時間の差異がほぼなくなることがわかる。

女性ダミーの推定値に関しては、いずれのTermでも有意な負の値になっていることから、男性よりも女性の方が移動が短距離であることがわかる。また、推定値が減少していることから課金政策の効果がみられる。

(2) トリップ数に関する分析

あるモニターが1日にトリップする回数は、モニターの属性やトリップの目的等によって変化すると考えられる。ここでは、これらの要素を考慮したトリップ頻度モデルを構築することで、実施した政策の効果について明らかにする。使用したモデルはポアソン回帰モデルであり、モニターのトリップ発生がポアソン仮定に従うと仮定する場合、モニターがx回トリップする確率はポアソン分布に従うことを利用し、最尤推定法を用いて尤度が最大となるパラメータを推定した。なお、トリップデータは全Termのデータを使用した。

推定結果を表4-2に示す。表4-2は代表交通手段が自動車のトリップの各Termの1日当たりの回数についてモデル推定したものである。*が5%有意を表している。ここで、Term1：通常行動期間、Term2：出発時刻課金、Term3：自動車利用時間課金、Term4：自動車利用時間課金+公共交通運賃割引である。

表4-2の定数項を見てみると、Term1と比較して課金政策を行ったTermでは軒並み減少していることから、課金政策には自動車トリップを減少させる効果があることが分かる。特にTerm4においては、大幅に推定値が減少しており、自動車への課金政策と公共交通割引政策を組み合わせることで、自動車トリップ減少に対して大きな効果が得られることが分かる。女性ダミーの推定値に関し

ては、減少傾向は見られないものの、すべてのTermで正の値となった。ここで、表4-1の自動車利用時間の回帰分析の女性ダミーの推定値を考慮すると、女性は男性に比べて短時間の自動車トリップを多くの回数行っていることが分かる。休日ダミーの推定値に関しては、Term1と比較して課金政策を行ったTermでは軒並み減少していることから、休日の利用への課金効果が高いことがわかる。

(3) 行動変更に関する分析

ここでは、Term3（自動車利用時間課金）、Term4（自動車利用時間課金+公共交通運賃割引）において政策によって行動を変更したかどうかについてモデル構築を行う。対象となるトリップとしては、Term3（自動車利用時間課金）、Term4（自動車利用時間課金+公共交通運賃割引）のトリップデータのうち、「仮想政策によって移動手段を変更したと答えたトリップ」と「仮想政策によって移動手段を変更していないと答えたトリップのうち、課金対象となっているトリップ」の2種類を使用した。また、GPSデータのないトリップは除外した。「変更しなかった」「移動手段を変更した」の2つの選択肢で二項ロジットモデルを用いた。各選択肢の効用の確定項を以下ように定めた。

・変更しなかった：

$$V_1 = \beta_1 \times (\text{手段変更前所要時間}) + \beta_2 \times (\text{手段変更前所要費用}) \quad (1)$$

・移動手段を変更した：

$$V_2 = \beta_1 \times (\text{手段変更後所要時間}) + \beta_2 \times (\text{手段変更後所要費用}) + \beta_3 \quad (2)$$

表4-3 手段変更モデルの推定結果

変数名		推定値	t値
手段変更定数項		-2.31	* -13.7
出勤ダミー		-0.08	-0.2
自由ダミー		0.16	0.7
所要費用(十円)	定数項	-0.03	* -7.2
	休日ダミー	0.02	* 1.8
所要時間(時間)	定数項	-0.30	-0.8
	女性ダミー	1.43	* 2.5
サンプル数		881	
修正済み ρ^2 値		0.65	

まず、手段変更定数項が有意に負となっており、今回実施した政策によって手段を変更することは難しいことがわかる。出勤ダミー、自由ダミーについてみると、有意な値ではないものの、推定値が出勤ダミーで負、自由ダミーで正になっている。ここから、出勤目的では手段変更が行われにくく、自由ダミーでは手段変更が行われやすいことがわかる。次に、所要費用、所要時間の推定値についてみると、定数項は所要時間では有意でないものの、ともに負になっていることから、より所要費用が安く、所要時間の短い手段を選択する傾向にあることがわかる。また、休日ダミーの値が有意に正の値になっていることから、休日では所要費用を払うのに抵抗が薄くなることがわかる。ここから、休日で自動車利用時間課金の効果が見込めると考えられる。また、女性ダミーの値が正に有意な値になっていることから、女性は所要時間がかかるのに抵抗が薄いことがわかる。この結果は、同じだけコストがかかる場合には所要時間が長い方を選択するというを表しており、直観と異なる。より詳細にデータを分析する必要があるが、課金として支払う費用と公共交通運賃などの通常料金として支払う費用では課金に対する嫌悪感がより強く、そのため、自動車よりも時間はかかる手段を女性の方が選択しやすいのかもしれない。

5. 結論

(1) 得られた知見

- ・通常行動期間 (Term1) に比べ仮想政策実施期間 (Term2~Term4) では、代表交通手段が自動車のトリップが減少している。このことから今回行った課金政策にはいずれも自動車利用トリップを減少させる効果が期待できる。
- ・通常行動期間 (Term1) に比べ自動車利用時間に比例

して課金を行った期間 (Term3, Term4) では、トリップあたりの自動車利用時間が減少している。このことから、自動車利用時間に比例した課金政策には自動車利用時間を減少させる効果が期待できる。

- ・課金政策に対する反応にはトリップ目的が大きくかわかっていて、特に出勤トリップでは課金の効果が薄い傾向にあり、自由トリップでは効果が高くなる傾向がある。
- ・女性は所要時間がかかるのを厭わない傾向にある。

(2) 今後の課題

- ・出発時間帯別課金政策実施期間 (Term2) の休日の時間帯別課金を行った時間帯は実際にはトリップ数のピークではなかった。これは、課金時間帯を設定するのに平日の自由目的のパーソントリップ調査のデータを参考にしたからであるが、今回通常行動期間 (Term1) で得られたトリップ数の分布をもとに課金時間帯を変更して再度分析する必要がある。
- ・今回行ったパーソントリップ調査での交通行動と実際の交通行動は異なる。今回の調査は謝金の最低支払額があるため、どれだけ課金されてもマイナスになることはない。よって、実際に課金されてモニターに痛みの伴う政策を行った場合とは多少違った結果になっていることを考慮する必要がある。
- ・今回の調査では課金額の違いによる感度が分からないので、今後、異なる課金額での調査を行う必要がある。

謝辞：本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (RF-1012) により実施された。

参考文献

- 1) 環境省 (2010) : 2008 年度 (平成 20 年度) 温室効果ガス排出量 (確定値)
- 2) 国土交通省 (2010) : 運輸部門における二酸化炭素排出量
- 3) 谷口守, 藤井啓介, 安立光陽 : パネルデータに基づく運転動機を考慮したガソリン価格高騰の段階的影響分析, 土木学会論文集 D, Vol.65, No.2, pp.129-142, 2009.
- 4) 谷口守, 橋本成仁, 藤井啓介, 安立光陽 : ガソリン価格変動に伴う個人運転量の可逆性に関する実態分析, 第 29 回交通工学研究発表会論文集 (CD-ROM), 2009.
- 5) 小根山裕之, 井料隆雅, 桑原雅夫 : 東京 23 区を対象とした需要の時間分散施策の効果評価, 土木計画学研究・論文集, Vol.24, No.1, pp.401-404, 2009.
- 6) 加藤研二, 飯山直樹 : 経済的インセンティブ導入とモーダルシフト実行可能性の因果関係, 第 29 回交通工学研究発表会論文集 (CD-ROM), 2009.