

# 社会実験データを利用した経済的インセンティブの効果分析と都市間比較に関する研究

佐藤 仁美<sup>1</sup>・薄井 智貴<sup>2</sup>・倉内 慎也<sup>3</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>正会員 名古屋大学特任講師 グリーンモビリティ連携研究センター (〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-3 (651) )

E-mail:usui@gvm.nagoya-u.ac.jp

<sup>3</sup>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、自動車への課金や公共交通の割引施策に関する社会実験で得られたデータを用いて行動変容モデルを構築し、東京、名古屋、松山の3都市圏についてCO<sub>2</sub>削減量及び自動車への課金による税収を公共交通の割引に利用することを想定した経済的持続可能性の比較を行った。その結果、自動車利用量に応じた課金を実施した場合、課金水準が高くなるに従ってCO<sub>2</sub>排出量は比例的に減少するが、鉄道運賃を半額にした場合でもCO<sub>2</sub>排出量にはそれほど変化がないことが判明した。経済的持続可能性の観点からは、既に公共交通分担率が高い東京都市圏については常に収支が負になり実現不可能であるのに対し、中京都市圏では自動車への課税額と鉄道の割引率によっては実施可能性があることを確認した。松山都市圏については、経済的持続可能性は担保されるものの、自動車の代替交通手段がないがゆえに、経済的政策単独での実施は困難であることが明らかとなった。

**Key Words : Probe Person Survey, Tax, Fare reduction, Travel Behavior Changes**

## 1. 序論

日本の総CO<sub>2</sub>排出量の約2割を占める運輸部門での大幅な排出量の削減は低炭素社会の実現にとって不可欠である。交通分野の環境負荷の削減を目的とした政策としては、エコカーの開発などの技術革新や公共交通指向型開発などのインフラ整備、課税や運賃施策等の経済的政策など、様々な手段が挙げられる。これらのうち、経済的政策については、対象や金額等の設定を通じて、交通手段分担率などの交通需要に直接的かつ即座に影響を与えることができ、かつ、CO<sub>2</sub>削減の進捗状況に応じて柔軟な対策をとることもできる。また、既に多くの人々が利用しているETCや公共交通ICカードを活用することで、個々人の移動ニーズや地域の交通サービス水準に即した多様かつ柔軟な料金政策の展開が可能であるという点で非常に大きなポテンシャルを秘めていると言えよう。

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<sup>1)</sup>や渋滞の多い時間帯に課金をした場合の効果<sup>2)</sup>をシミュレーションで分析したもの<sup>3)</sup>、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<sup>4)</sup>などがある。これらの研究では、過去の記憶や政策を実施した際の移行を尋ねたアンケート調査データが一般に用いられている。アンケート調査については、回答者の負担が大きくなるといふ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の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や、経験したことのない政策などの場合には、行動意向と実際の行動に乖離が生じる可能性が高い。

また、料金政策の導入効果を検討する際には、高速道路無料化社会実験のように、運賃割引によって一部地域では自動車交通需要が誘発され、CO<sub>2</sub>排出量が増加する可能性も大いにあり得るため、環境面における持続可能性を都市圏レベルで評価する必要がある。また、割引サ

ービスには一定の原資が必要となるが、財源の問題を考えた場合、環境税のような負のインセンティブも検討対象とした上で、事業収支や費用対効果、すなわち政策の経済面での持続可能性も評価する必要がある。

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で得られたデータを用いて行動転換モデルを構築し、交通サービス水準の異なる3都市（東京、名古屋、松山）を対象として政策導入効果をシミュレートし、環境面と経済面から政策導入効果の比較を行う。

## 2. 社会実験の概要

### (1) プロブパーソン (PP) 調査の方法

経済的政策の実施に伴う交通行動の変化を把握することを目的に、GPS 機能付き携帯端末により長期の行動を正確に観測することができる PP 調査を併用した社会実験を実施した。社会実験は、平成 22 年 11 月中旬から 1 ヶ月間 50 名のモニターを募集し実施した（表 2-1）。

表 2-1 PP 調査の概要

H22 調査	
期 間	H22.11.22-H22.12.19 (4 週間)
モニター数	50 名
募集方法	研究室 HP や研究会等のメーリングリストによる募集

モニターは、行動データを収集するアプリケーションが搭載されている GPS 搭載の携帯電話 (PP 端末) を所持し、GPS データを収集し、移動手段や移動目的などのデータを登録する。蓄積されたデータは、モニターが毎日 PC 上の web サイトにアクセスし、確認や修正を行い、さらにアンケート調査へ回答する。最初の 1 週間 (第 1 ターム) は通常通りに行動してもらい、第 2 週目から仮想政策が実施されているものとして行動してもらう。仮想政策に対する反応をより現実に近付けるために、モニターへ支払う謝金を、各モニターの日々の行動から算出される課金額や報酬額を加減算した上で支払うこととした。トリップごとの課金や報酬金額は web サイトにて確認できる。また、今回の実験では期間が限られていることから、課金されるような移動を実験期間外に変更することを避けるため、仮想政策は政策実施開始日の前日に伝えることとした。

### (2) 実施した仮想政策

実施した仮想政策と実施期間を表 2-2 に示す。この調査では、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 (ガソリン価格に環境税を想定)、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。

表 2-2 実施した仮想政策

期 間	実 施 政 策
第 1 ターム (1 週間)	通常通り行動
第 2 ターム (1 週間)	時間帯に応じた課金 (平日 6:30-7:00, 8:00-8:30, 17:30-19:30 は 150 円, 平日 7:00-8:00, 休日 9:30-11:00, 16:30-18:30 は 300 円)
第 3 ターム (1 週間)	自動車利用時間に応じた課金 (10 円/分)
第 4 ターム (1 週間)	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

モニターの属性を表 3-1 に示す。性別は男女ほぼ半々であり、年齢については、35-49 歳が最も多く、20-34 歳が次に多い。職業については、会社員が 6 割、次いで専業主婦が 2 割を占める。年収は、401-600 万円未満が最も多く、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。

表 3-1 モニターの属性

性別	男性: 24 名, 女性: 26 名
年齢	20-34 歳: 21 名, 35-49 歳: 22 名, 50-59 歳: 6 名 60-79 歳: 1 名
職業	会社員(公務員含む): 29 名 会社役員・自営業: 3 名 パート・アルバイト: 5 名 学生: 1 名, 主婦: 11 名, 無職: 1 名
年収	200 万円未満: 4 名, 200-400 万円: 12 名 401-600 万円: 18 名, 601-800 万円: 6 名 801-1000 万円: 7 名, 1001 万円~: 2 名

### (2) 社会実験時の行動と政策による行動変容

図 3-1 に仮想政策による行動変容についての回答結果を示す。ほぼ 9 割のトリップで政策による行動変容は起こらず、自動車課金や公共交通の運賃の値上げによって行動を変えた人のほとんどは移動手段の変更であった。

図 3-2 に各タームの自動車利用時間の推移を示す。政策の実施により自動車利用時間は減少していることがわかる。自動車利用時間課金 (10 円/分) と公共交通運賃 3 割引を組み合わせた政策で最も自動車利用時間が短い。公共交通運賃割引により、自動車からの公共交通利用へ

の転換が増えたためであると思われる。

尚，社会実験の詳細については荒木ら(2011)<sup>9</sup> や佐藤ら (2012)<sup>6</sup>を参照されたい。

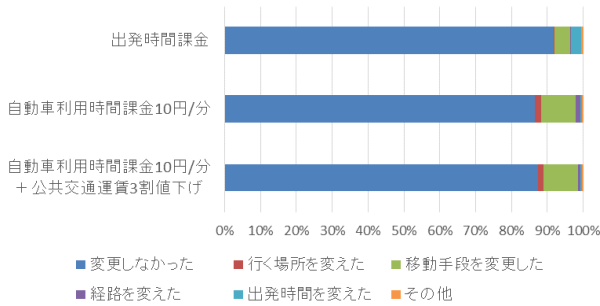


図 3-1 仮想政策による行動変容

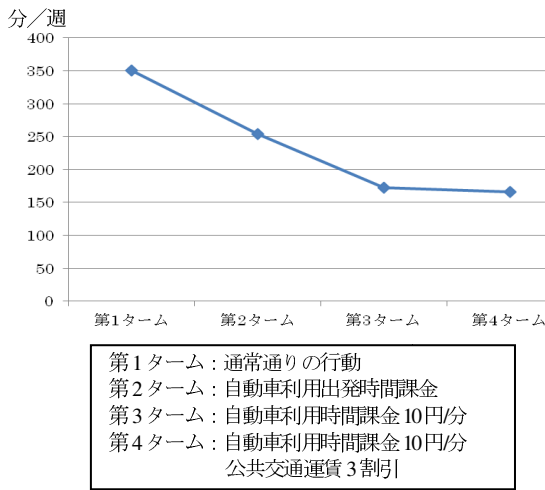


図 3-2 一人あたりの自動車利用時間

#### 4. 経済的インセンティブの都市間比較

##### (1) 分析方法

社会実験で得られたデータのうち，行動を変更しておらず，かつ，自動車を利用しているトリップと行動を変えたと回答したトリップのデータのみを用いて，図4-1に示す構造をもつネスティッドロジットモデルによる行動変容モデルを構築した．このモデルで推定されたパラメータを東京都市圏，中京都市圏，松山都市圏の各パーソントリップ調査データに適用し，政策の導入効果について環境面と経済面から比較する．

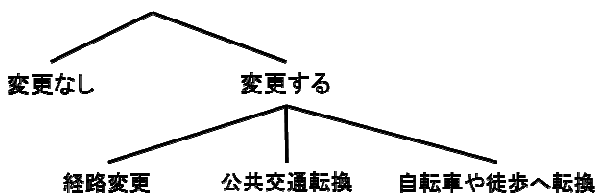


図4-1 ネスティッドロジットモデルの構造

##### (2) 推定結果

行動変容モデルの推定結果を表4-2に示す．時間やコスト，課金額のパラメータは符号条件は満たしている．コストのパラメータは有意ではない．これは，用いたデータのほとんどが自動車利用トリップのものであるため，コストをあまり意識していないためだと考えられる．女性ダミーや短距離移動ダミーが有意に正であることから，女性や短距離トリップ (0.7km以下のトリップ) では，行動変容が起こりやすいことを示している．

表4-1 行動変容モデルの推定結果

説明変数	推定値	t値
ラインホール時間 (h)	-2.17	-1.4
アクセス・イグレス時間 (h)	-3.09	-3.8
コスト (100JPY)	-0.0572	-0.4
課金額 (100JPY)	-0.619	-2.8
女性ダミー	1.94	1.9
短距離移動ダミー	1.94	1.9
RP-定数項 (変更なし)	9.97	3.2
RP-定数項 (公共交通)	0.706	1.5
RP-定数項 (徒歩・自転車)	1.22	3.5
スケールパラメーター	0.307	2.6
Number of samples	1076	
$\rho^2$	0.556	
Adjusted $\rho^2$	0.547	

##### (3) 政策導入効果の都市間比較

次に，3都市圏における政策シミュレーションの結果について以下に述べる．今回のシミュレーションにおいては，以下の仮想政策を実施した場合の効果について分析を行った．

###### 【仮想政策(1)】

環境税の導入 (自動車利用 1分毎に 1~10 円の課金)

###### 【仮想政策(2)】

仮想政策(1)+鉄道運賃の割引 (1割, 3割, 5割引)

なお，本研究においては，環境税の使途として，欧米諸国における事例にならい，公共交通の運賃割引に充当することを想定し，両政策を組み合わせたケースについてもシミュレートし，その経済性，すなわち収支面での評価も併せて行った．

まず，図 4-2 から図 4-4 に環境面における 3都市圏の分析結果を示す．横軸が自動車利用時間に応じた課金額となっているが，これは自動車を 1分利用した場合に一定額の課金を行うものであり，環境税の導入による自動車利用の抑制を想定している．図を見ると，どの都市圏においても自動車利用時間に応じた課金額が増えるに従って CO<sub>2</sub>排出量が比例的に減少していることがわかり，環境面においては一定の効果が窺える．一方で，同グラ

フ上には、鉄道運賃の割引によるCO<sub>2</sub>排出量の変化についても示しているが、折れ線グラフがほぼ重なっており、鉄道の運賃割引を実施してもCO<sub>2</sub>排出量に変化がない。つまり、鉄道運賃の割引を実施したとしても、自動車利用者が鉄道にシフトすることがほとんどないことが分かる。

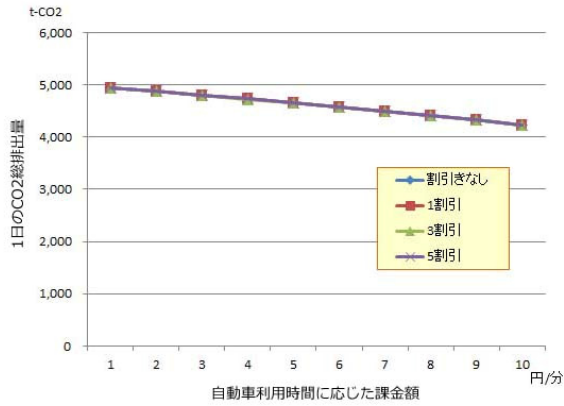


図4-2 課税および鉄道割引率によるCO<sub>2</sub>排出量の変化 (中京都市圏)

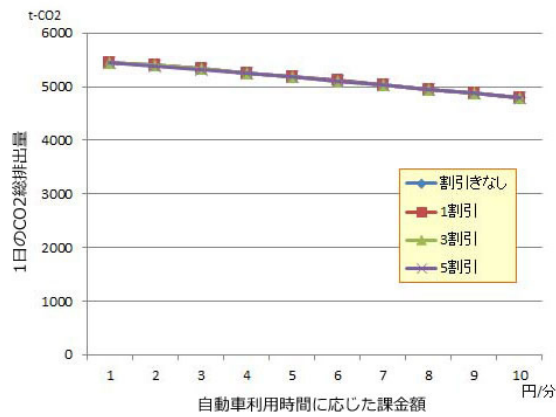


図4-3 課税および鉄道割引率によるCO<sub>2</sub>排出量の変化 (東京都市圏)

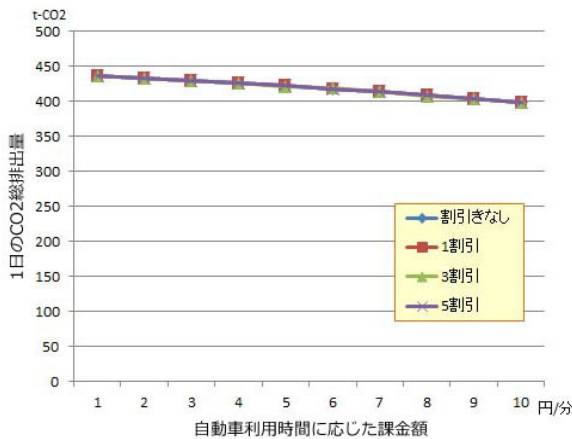


図4-4 課税および鉄道割引率によるCO<sub>2</sub>排出量の変化 (松山都市圏)

続いて、3都市圏の自動車利用時間に応じた課税額の

違いによる交通手段の転換割合の集計結果を図4-5から図4-7に示す。縦軸が自動車利用の課税額で、横軸がその際の転換割合となっている。中京・東京の2つの都市圏においては、仮に大幅に課税額を上げて自動車利用からの変更は、わずか1割程度で、その多くは徒歩や自転車への変更となっており、3都市圏ともに公共交通への手段変更はほとんどないことが見てとれる。一方で、松山都市圏においては、最大20円/分の課金となった場合でも、自動車から他の交通機関へへの転換は1割にも満たず、地方都市特有の強い自動車依存傾向が窺える。

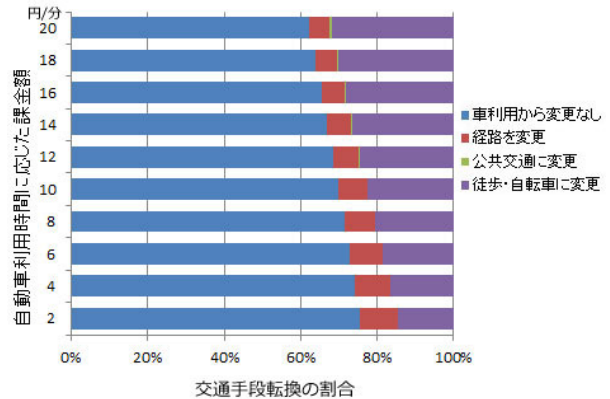


図4-5 自動車利用時間に応じた課税額における交通手段転換の割合 (中京都市圏)

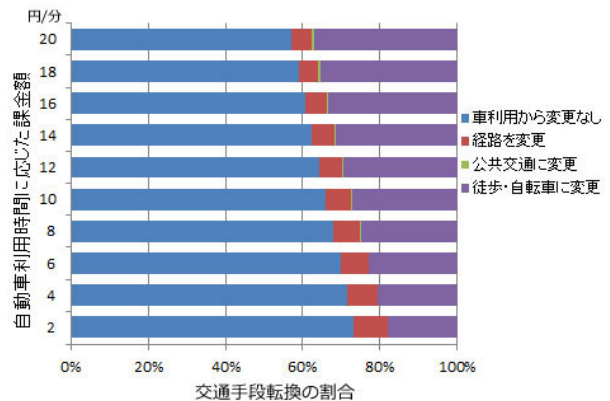


図4-6 自動車利用時間に応じた課税額における交通手段転換の割合 (東京都市圏)

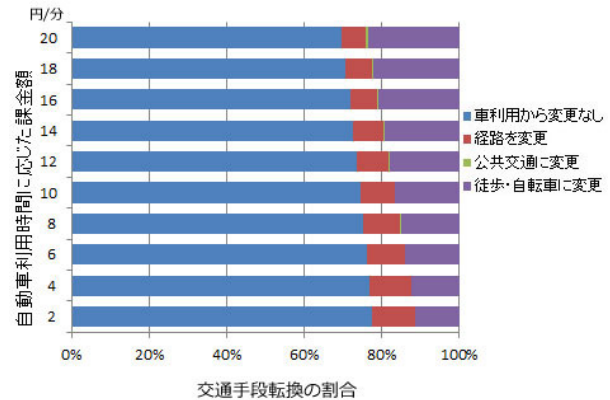


図4-7 自動車利用時間に応じた課税額における交通手段転換の割合 (松山都市圏)

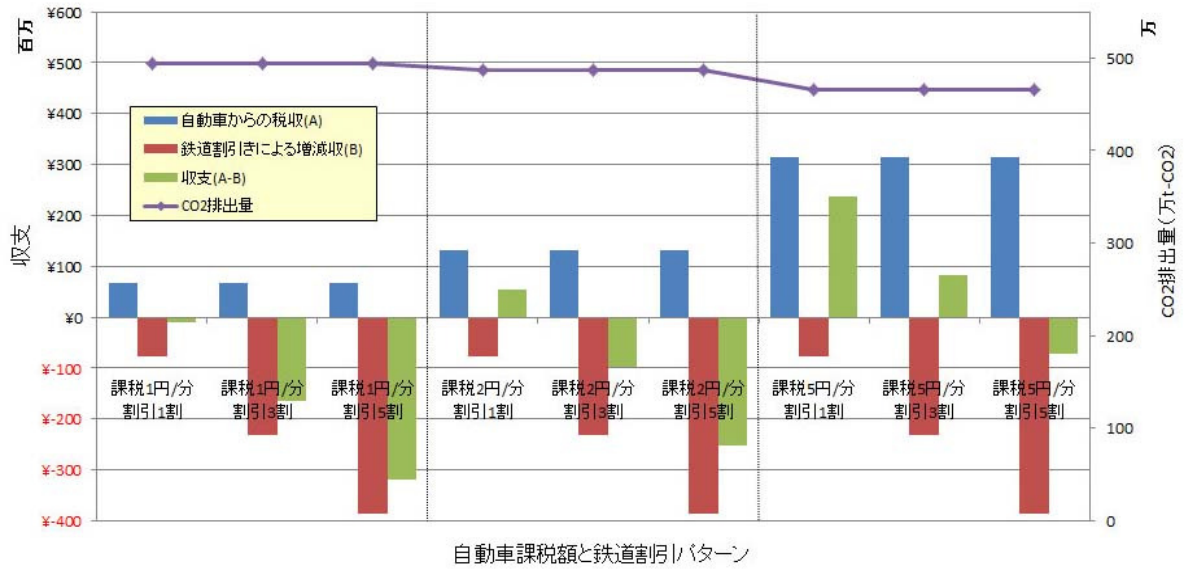


図4-8 政策導入におけるCO<sub>2</sub>排出量の変化と収支の増減（中京都市圏）

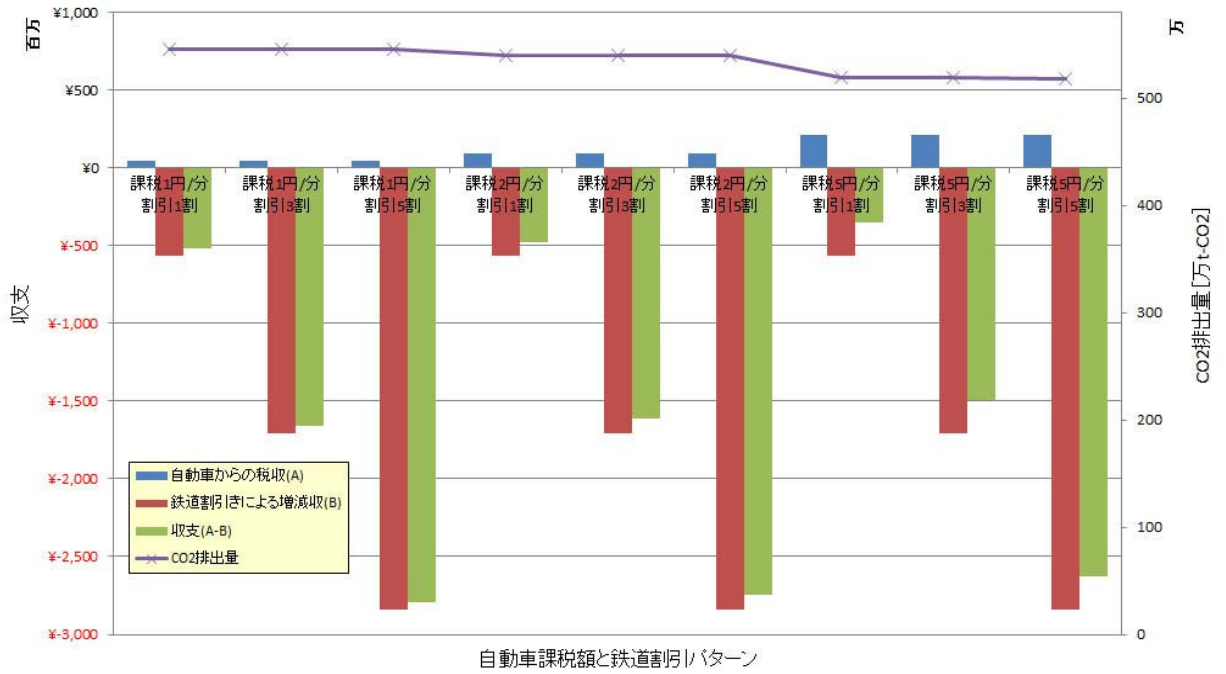


図4-9 政策導入におけるCO<sub>2</sub>排出量の変化と収支の増減（東京都市圏）

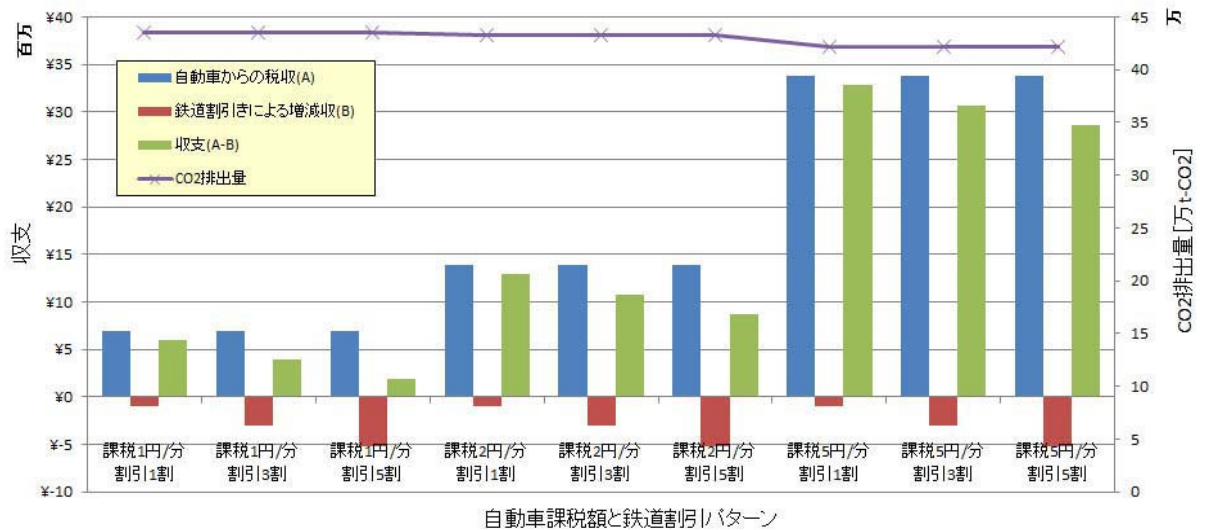


図4-10 政策導入におけるCO<sub>2</sub>排出量の変化と収支の増減（松山都市圏）

次に、経済面から評価を行う。図 4-8 から図 4-10 に、都市圏別の政策導入に伴う収支変化を示す。図は、自動車課税（1 円、2 円、5 円）×鉄道割引（1 割、3 割、5 割）の全 9 パターンについて、①自動車からの総課税額、②鉄道割引による増減収、③収支、を縦の棒グラフで示しており、参考までに折れ線グラフにて、④政策実施時の CO<sub>2</sub> 総排出量も掲載している。このとき、①自動車からの総課税額は、PT データの自動車トリップの利用時間に課金したもののから積算しており、②鉄道割引による増減収においては、同じく全鉄道トリップの運賃収入から割引料金分を引いた総額となっている。③は、①と②の差分であり、本政策を行った場合の事業者収入の増減を表している。

まず、図 4-8 中京都市圏を見ると、自動車課税額が低い場合に鉄道の割引率を上げると、事業者収入がマイナスとなり、本政策は事業としては成り立たなくなることが分かる。一方、課税額を 2 円に上げた場合、鉄道の割引率が 1 割であれば、収益がプラスとなるため事業として成り立つが、3 割以上の割引率では赤字収支となる。これらの結果は、自動車分担率が比較的高いが、鉄道網もそれなりに発達している中京都市圏の特徴をよく捉えており、双方の政策をバランスよく実施することで事業化に繋がる可能性が十分にあることを示唆している。

次に、図 4-9 に示す東京都市圏を見ると、鉄道割引の影響が顕著に表れており、自動車の課税額を上げてても、収支が常にマイナスになってしまうことが分かる。これは東京都市圏では、鉄道の分担率が極めて高くその利用者数も非常に多いため、現状の利用者への割引に原資が多く費やされることに加え、自動車利用に対する課税によりさらに収支が悪化するためである。ゆえに、東京都市圏においては、環境税収入を公共交通運賃の割引に充当する政策は、経済面において持続不可能であると言える。

また、図 4-10 の松山都市圏の結果を見ると、自動車利用に課税した場合、鉄道の運賃を半額にしても少なからず採算が取れる程度の収入は見込める結果となった。これは東京都市圏とは対照的に、公共交通の分担率が極めて低く人口規模も小さいこと、また自動車利用に課金してもなおアクセスの不便さなどにより公共交通への転換に至らないためであると考えられる。ただし、本政策を実施した場合、経済的持続可能性は担保されるものの、自動車の代替交通手段がないがゆえに、市民のモビリティを著しく悪化させてしまうことが懸念される。特に急激に進展しつつある高齢化を鑑みた場合、この問題は極めて深刻である。従って、松山都市圏のような自動車依存度が高い都市においては、経済的政策単独での実施は困難であり、アクセス利便性の向上策などとパッケージ化した上で政策展開をしてゆくことが不可欠であると言

えよう。

## 4. 結論

本研究では、自動車への課金や公共交通の割引施策に関する社会実験で得られたデータを用いて行動変容モデルを構築し、東京、名古屋、松山の 3 都市圏について政策導入効果を比較した。政策の評価項目としては、CO<sub>2</sub> 削減量及び自動車への課金による税収を公共交通の割引に利用することを想定した経済的持続可能性とした。その結果、自動車利用量に応じた課金を実施した場合、どの都市でも課金水準が高くなるに従って CO<sub>2</sub> 排出量は減少するが、鉄道運賃を半額にした場合でも CO<sub>2</sub> 排出量にはそれほど変化がないことが判明した。経済的持続可能性の観点からは、既に公共交通分担率が高い東京都市圏については常に収支が負になり実現不可能であるのに対し、中京都市圏では自動車への課税額と鉄道の割引率によっては実施可能性があることを確認した。松山都市圏については、経済的持続可能性は担保されるものの、自動車の代替交通手段がないがゆえに、経済的政策単独での実施は困難であることが明らかとなった。

**謝辞：**本研究は、環境省の環境研究総合推進費（RF-1012）、科学研究補助金基盤研究(A)24246087 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 荒木正登、佐藤仁美、倉内慎也：料金施策による交通行動変化に関する分析、土木計画学研究・講演集, Vol.44, (CD-ROM)、2011.
- 6) 佐藤仁美、倉内慎也、薄井智貴：プローブパーソン社会実験データを用いた交通料金施策の行動変容に関する研究、土木計画学研究・講演集, Vol.45. (CD-ROM)、2012.