

課題名 RF-1012 交通行動変容を促すCO₂排出抑制政策の検討とその持続可能性評価

課題代表者名 倉内 慎也（愛媛大学大学院理工学研究科）

研究実施期間 平成22～23年度

累計予算額 20,126千円（うち23年度9,805千円）
予算額は、間接経費を含む。

研究体制

- (1) 実験経済学的アプローチによる交通行動変更意向の分析ならびに政策検討（愛媛大学）
- (2) 実証実験による交通行動変化の分析と政策課題の抽出（名古屋大学）
- (3) 都市圏レベルでのCO₂削減効果算出システムの開発と効果の都市間比較（東京大学）
- (4) 政策実施下における公平性の分析と低炭素社会実現に向けた政策展開の検討（愛媛大学）

研究協力機関

東京大学、名古屋大学

研究概要

1. はじめに

低炭素社会の実現には、日本の総CO₂排出量の約2割を占める運輸部門において、大幅な削減が不可欠である。そのためには、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、郊外化規制や信号制御のようなマネジメント、意識啓発や混雑情報などの各種情報提供、課税や運賃政策等の経済的政策など、様々な手段を駆使して取り組む必要がある。このうち、経済的政策については、対象や金額等の設定を通じて、市民一人ひとりが環境にやさしい交通行動へと自発的に転換する状況を創出できるほか、エコカー減税に代表されるように、様々な政策手段の浸透度合いにも影響を及ぼすことができるため、CO₂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。加えて、プライシングや運賃政策等の交通料金政策に着目すれば、ETCや公共交通ICカードの個人認証ならびに利用履歴記録機能を活用することにより、携帯電話の料金プランのように、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、現状の技術レベルでも実施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。

しかしながら、これまで実施・検討されてきた経済的政策は、税金や料金の単純な値上げ／値下げがほとんどである。一方、マーケティングの分野では、割引サービス一つをとっても、値下げ、キャッシュバック、ポイント制など様々な方式が実施されており、同一の原資でも商品の販売量や顧客満足度が大きく異なることが実証されている。ゆえに、交通分野においても、マーケティング的なアプローチに即して、多様な経済的政策の導入を検討する必要がある。その際、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、CO₂排出量が増加する可能性も大いにあり得るため、政策効果の検討においては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。さらには、自動車利用に頼らざるを得ない地域や人々にとって、環境税のような政策はモビリティの低下を招く恐れがあることから、政策に対する受容性や地域・個人間での公平性の観点からの評価、すなわち社会的持続可能性の評価も重要である。つまり、多様な経済的政策を想定した上で、環境・経済・社会の3側面からの持続可能性を総合的に検討する必要があると言えよう。

このような評価を行なうためには、各種の経済的政策に対する利用者の反応行動の分析が不可欠である。しかしながら、従来の行動モデルのほとんどが、無限の合理性を有した意思決定者を仮定しており、ゆえに金銭的な利得が等しければ効果は同一であるものとして扱われるという問題を抱えている。また、上述のような持続可能性の評価においては、都市圏レベルでの集計的な交通需要の算出が不可欠となるが、認知メカニズムを明示的に考慮した行動モデルに基づく評価は皆無である。

2. 研究開発目的

そこで本研究では、上記のように即効性があり、かつ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柔軟な展開が期待できる経済的政策に着目し、その実施効果の分析ならびに政策展開シナリオの検討を行うことを目的とする。そのためには、まず、課金・割引金額やその付与タイミング等が異なる多様な経済的政策を想定した上で、それらに対する利用者の認知メカニズムを把握する必要がある。そこで、サブテーマ(1)では、室内実験やアンケート調査等を企画・実施し、様々な経済的政策に対する利用者の認知メカニズムを明らかにし、それを明示的に考慮した交通行動モデルを構築する。ここで、室内実験やアンケート調査では、政策に対する認知メカニズムや行動変更意向が詳細に把握できる反面、それが実際の行動とは必ずしも一致しない可能性がある。そこで、サブテーマ(2)では、サブテーマ(1)で検討した幾つかの政策を対象に、交通行動を詳細かつ長期に把握することが可能なGPS機能付携帯専用端末を用いた社会実験を実施し、経済的政策実施下における個人の交通行動の変化の分析ならびにモデル化を行う。次に、政策検討を行う上では、その実施効果を都市圏レベルでシミュレートすると共に、その評価にあたっては、政策実施に伴うCO₂削減効果のみならず、財政面での実現可能性や政策に対する受容性等を含む多様な視点から、地域性を勘案した上で検討する必要がある。そこで、サブテーマ(3)では、都市圏レベルでの交通需要を予測するシステムを開発し、そこにサブテーマ(2)で構築した行動モデルを組み込んだ上で政策効果をシミュレートし、交通サービス水準の異なる複数都市を対象として、主に環境面(CO₂削減効果)と経済性(事業収支や費用対効果)の観点から政策の持続可能性を評価する。次いで、サブテーマ(4)では、室内実験や社会実験における調査データの分析を通じて、各種経済的政策に対する受容性や公平性などの社会的持続可能性に着目して分析を行う。さらには、以上の分析結果を俯瞰し、経済的政策を、環境・経済・社会の3側面における持続可能性の観点から総合的に評価し、望ましい政策を効率的に実現するための制度の提案や都市別の政策展開シナリオの検討を行うことを目的とする。

なお、各サブテーマにおける研究概要やテーマ間の関連性を図1に示す。

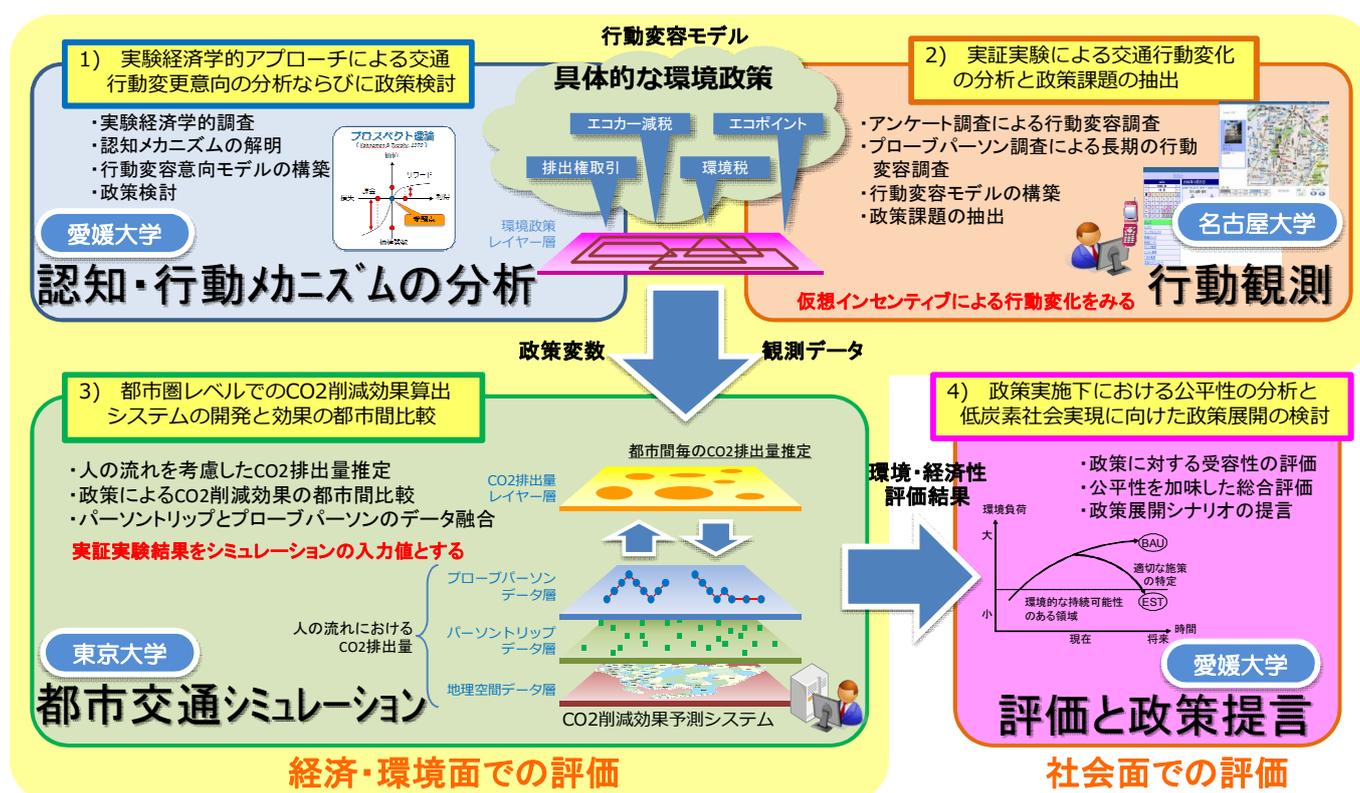


図1 研究概要およびサブテーマ間の関連性

3. 研究開発の方法

(1) 実験経済学的アプローチによる交通行動変更意向の分析ならびに政策検討

ICカードやETCによって可能となる、ポイント制やキャッシュバックなどの多様な経済的政策を視野に入れ、その効果分析において鍵となる、交通料金政策に対する損得勘定の認知メカニズムに着目して研究を行った。具体的には、経済的政策が期待される効果を発揮するか否かは、政策実施に伴う負担額の変化をいかに認知しているのかに依存する。そこで、まず多様な割引サービスが実施されている高速道路料金制度に着目し、サービスエリアでのインタビュー調査や一般市民を対象にヒアリング調査を実施し、各種割引サービスの認知状況や、支払い料金等の知覚状況を分析した。次に、経済的政策は、支払いや割引等の方式により同一負担額でも利用

者満足度が異なるものと考えられる。そこで、客観的な支払い料金のみならず、心理的なお得感の影響を明示的に考慮したメンタル・アカウンティング理論、刺激逓減性や損失回避性等の価値判断における認知特性に関するプロスペクト理論、支払いや割引等の利得が生ずる時点による効果の差異に関する時間選好理論を援用し、それらを数理モデルとして定式化した上で、インタビュー調査やアンケート調査データを用いて分析を行った。また、最終的に、それらの認知特性を組み込んだ交通行動モデルを構築し、幾つかの経済的政策を実施した際の行動変化をシミュレートした。

(2) 実証実験による交通行動変化の分析と政策課題の抽出

経済的政策の実施による実行動の変化を分析するために、GPS携帯により長期の行動を精確に観測することができるプローブパーソン(Probe Person、以下PP)調査を用いた社会実験を2度実施した。社会実験では、1)ロードプライシングを想定し、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)ガソリン代に環境税が課税されることを意図した自動車利用時間に応じて課金される政策、3)民生部門でのCO₂排出量のキャップ&トレードを想定した自動車利用時間のキャップ制、4)公共交通の運賃政策、5)ICカードの履歴を活用することで実施可能な公共交通運賃の上制限、の5種類の政策を延べ76名のモニターを対象に実施した。各政策は1週間または2週間ずつ行い、普段の交通行動を把握する週を含め、1回目の実験では4週間、2回目の調査では8週間に渡って実験を行った。その際、実際に政策が実施された時に近い行動が観測できるように、仮想政策下の行動に応じてモニターへの謝礼の支払金額を変化させた。

このようにして収集したデータを用いて、以下の分析を行った。

- 1) 政策の効果に関する分析
- 2) アンケート調査と現実世界との乖離に関する分析
- 3) 都市圏レベルの効果分析に用いる交通行動転換モデルの構築

(3) 都市圏レベルでのCO₂削減効果算出システムの開発と効果の都市間比較

運輸部門における環境政策の一つとして期待されている環境税等の導入に伴い、人々がどのように行動を変更し、結果として環境負荷の削減にどの程度影響を及ぼすのかについて定量的に評価するため、個々人の交通行動を時間軸に沿ってシミュレートした上でCO₂排出量を算出するシステムを開発し、さらにサブテーマ(2)で構築した交通行動転換モデルを組み込み、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た。ここでは、主に環境税の導入と公共交通運賃の割引を実施した際の環境面(CO₂排出量)と経済面(事業収支)の持続可能性を評価し、結果の都市間比較も併せて行った。

具体的には、以下の3つを実施した。

- 1) 都市圏レベルでの環境負荷算出システムの開発と可視化
- 2) 仮想交通政策実施における交通手段転換モデルのCO₂排出量算出システムへの統合
- 3) 中京、松山、東京の3都市圏における結果のシミュレートと都市間比較

(4) 政策実施下における公平性の分析と低炭素社会実現に向けた政策展開の検討

経済的政策に対する移動主体の受容意識に着目し、まずサブテーマ(1)および(2)で実施した室内実験ならびに社会実験において、各政策に対する受容意識を尋ねると共に、その影響要因を共分散構造分析により検証することで、政策や個人によって受容性がどのように変化するかを分析した。

次に、これまでの分析結果を俯瞰し、経済的政策を、環境(CO₂排出量)・経済(事業収支や費用対効果)・社会(受容性や公平性)の3側面における持続可能性の観点から総合的に評価した。

4. 結果及び考察

(1) 実験経済学的アプローチによる交通行動変更意向の分析ならびに政策検討

まず、高速道路における各種ETC割引サービスの認知状況を分析した結果、多くの割引サービスはその存在自体が認知されていないことが明らかとなった。メディア露出度が極めて高かった休日特別割引でさえ、約半数の人が正しく認知しておらず、平日昼間割引に至っては一割弱の人にしか認知されていないことが判明した。料金の知覚精度も極めて低く、特に割引金額については過小評価する傾向にあり、利用者は割引の恩恵を十分に認識しないまま高速道路を利用していることが明らかとなった。

次に、メンタル・アカウンティング理論に則して経済的政策に対する損得感情の認知メカニズムの分析を行った結果、派生需要である交通行動においても、一般消費財の購入時と同様の傾向があることを統計的に確認した。また、経済的政策に対する利用者満足度は、従来分析において考慮されてこなかった心理的な損得感を表す取引効用の影響が大きいことから、単なる値下げではなく、同一原資でもポイント制などの主観的満足度を高めるような政策が有効であるとの知見を得た。加えて、取引効用は利得フレームにおいて刺激逓減性が顕著であ

ることから、都市内交通については一定水準以上の料金割引はあまり効果が期待できないことが判明した。また、メンタル・アカウンティングプロセスを組み込んだ交通行動モデルを構築し、幾つかの経済的政策を実施した際の行動変化をシミュレートした結果、自動車利用に対する課徴金の用途によってその効果が異なることが判明した。特に、ガソリン税の特定財源化は一般財源化と比較して利用者満足度は高いものの、それが故に、他手段への転換やCO₂排出量の観点からは効果が低いことが明らかとなった。

さらには、時間選好理論を援用し、支払や報酬付与のタイミングの違いによる満足度評価の差異を検証した結果、同一原資でも支払や報酬の組み合わせ方により、利用者満足度が有意に異なることが判明した。加えて、時間的効果の差異を表す割引率には地域差や個人差があることが統計的に確認され、ゆえに現在のような画一的な料金方式に拘泥せず、ICカード等の認証技術により、個人属性等に応じて異なる料金方式を適用することで大きな費用対効果が期待できることが明らかとなった。

(2) 実証実験による交通行動変化の分析と政策課題の抽出

各政策の効果や実施方法による相違を把握するために、社会実験により得られたデータを用いて、各政策実施下における行動変更状況やトリップ数などを比較した。その結果、同じ課金額でも移動のたびに支払う方式よりも、一定期間の利用に伴う課金額を一括で支払う方式のほうが自動車利用の削減効果が高いことや、公共交通運賃の割引を実施する際には自動車利用の抑制政策を併せて実施しないと自動車から公共交通利用への転換があまり期待できないこと、また公共交通運賃の上制限では、利用ごとの運賃割引方式よりも行動変容が起こりやすい一方、普段公共交通機関を利用していない人の利用促進には繋がらず、普段から利用している人が単に利用回数を増やす傾向にあるため、公共交通事業者の収益を大きく減少させる危険性が高いなどの知見を得た。また、自動車利用時間課金と公共交通運賃割引政策を実施した際の自動車利用時間の変化について回帰分析を行った結果、出勤目的のトリップでは自動車利用時間の短縮効果はあまりないことや、自動車保有台数が多い世帯では自動車利用時間の削減量は少ないことが明らかになった。原因の1つとしては、自動車保有台数の多い世帯は公共交通アクセスが不便な地域に居住している人が多いため、課金されてもその代替となる手段がないことが挙げられる。そのため政策の実施にあたっては、ICカード等の個人認証機能を活用したきめ細やかな政策展開が必要であろう。また、トリップごとに行動を変更するかどうかを選択肢とした多項ロジットモデルを推定した結果、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、課金により行動を変更しやすいこと、出勤トリップでは課金効果が薄いこと、休日の方が課金による効果が高いこと等が明らかになった。

次に、新規政策の評価を行う際に一般的に用いられるアンケート調査データ(以下、SPデータ)と本研究で実施したPP調査データ(以下、RPデータ)を用いて、Nested Logitの構造を持つ行動転換モデルを構築した。その結果、実際の行動(RP)のほうがSP調査の回答よりも課金に対する感度が約1.5倍大きく、SPにおいて変更すると回答したものの実際には行動を変えないことが判明し、従来のSPデータによる事業評価では効果を過大に評価する危険性が高いことが明らかになった。しかし、徒歩や自転車10分以内の短距離トリップについては、SP調査での回答よりも行動を変更することが多く、短距離トリップでは過小評価の可能性があること、また回答の乖離傾向は女性より男性で多いことなども明らかになった。

さらには、上記で構築したモデルについて、サブテーマ(3)で行う都市圏レベルでの効果分析に用いることができるように、パラメータを精査して、モデルの再構築を行った。

(3) 都市圏レベルでのCO₂削減効果算出システムの開発と効果の都市間比較

まず、開発した環境負荷算出システムを用いて、環境税を想定し自動車利用量に応じた課金を実施した場合、どの都市圏においても行動変更をしない人が約6~8割程度を占めるものの、課金水準が高くなるに従ってCO₂排出量は比例的に減少し、環境面においては一定の効果があることが確認された。行動変更形態については、自動車から徒歩や自転車への転換が最も多く、次いで自動車の経路変更の順であるが、公共交通に関しては、鉄道運賃を半額にした場合でもCO₂排出量にはそれほど変化がない、つまり、自動車利用者の鉄道への転換はごく僅かであることが判明した。

次に、経済的持続可能性の観点から、環境税による自動車利用からの課徴金を公共交通運賃の割引に充当する政策を対象に都市圏ごとに収益分析を行った。まず、中京都市圏においては、シミュレーションによる両政策の均衡条件は、自動車利用に対する課税額が2円/分の際に1割程度の鉄道の割引が実施可能との結果を得た。これは、自動車分担率が比較的高いが、鉄道網もある程度発達している中京都市圏の特徴をよく捉えており、両方の政策をバランスよく実施することで事業として十分実現可能であると考えられる。次に、東京都市圏においては、自動車の課税額を上げて、収支が常にマイナスになることが判明した。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が主な理由である。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考えられる。最後に、松山都市圏においては、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ため、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) 政策実施下における公平性の分析と低炭素社会実現に向けた政策展開の検討

サブテーマ(1)および(2)で実施した室内実験ならびに社会実験において収集したデータを用いて、各経済的政策に対する受容性を分析した結果、公平感やCO₂削減効果が期待される政策ほど受容性が高い、仮に政策実施に伴う物理的な負担額が不変あるいは軽減されるような政策でも、一部の人に心理的な損得感や不公平感が芽生え、受容性が低下する等の知見を得た。

次に、これまでの分析結果を俯瞰し、経済的政策を、環境(CO₂排出量)・経済(事業収支や費用対効果)・社会(受容性や公平性)の3側面における持続可能性の観点から総合評価を行った。まず、低炭素型社会の実現には環境税が効率的ではあるが、その導入にあたっては、課税による累積金額を呈示する仕組みを採用することで、より大きな行動変容効果が期待できる。また、徴収した税金の用途については、環境改善や交通面に用途を限定する環境・交通税のような方式が合意形成を図る上で望ましいと言える。ただし、公共交通運賃の割引を併せて実施する場合については、いずれの都市においてもそれほどの効果が期待できないため、公共交通運賃の割引に際しては、ICカードを活用することで可能となるポイント制やキャッシュバックのような心理的お得感を高める方式を採用する必要がある。

また、環境税収入を公共交通運賃の割引原資に充当するような政策の都市圏別の導入可能性については、中京都市圏では大きな効果が期待される一方、東京都市圏や松山都市圏では実施困難であることから、東京都市圏では、例えば環境税の課税額を低く抑える一方で公共交通の運賃割引を実施しない、松山都市圏では、環境税の課税額を低く抑えると共に、アクセス改善をはじめとする公共交通促進策をパッケージ的に展開する必要があるなど、都市圏ごとに政策展開を変える必要がある。また、個人間の公平性に着目した場合、特に自動車を利用せざるを得ない地域や世帯では大きな反発を招く危険性があることから、政策を画一的に適用するのではなく、世帯や個人属性ごとに定額制やキャップ制の基準を適用したり優遇措置をとるなど、家族構成や居住地域に応じた政策展開を今後検討する必要がある。

さらには、多様な経済的政策を実施した場合、その認知度が問題になることから、広報だけでなく料金システムとして認知度を高めるような方策も不可欠である。ゆえに、料金設定においては、次善の策として、携帯電話の料金プランのように一定期間の利用に対して支払いや報酬を与えと共に、いくつかのプランの中から自由意思で選択でき、かつ自身の行動による累積の支払いや報酬金額を確認できるような方式が望ましいものと考えられる。

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

分析に際して援用したメンタル・アカウンティング理論等の諸理論は、行動経済学や認知心理学等の分野で数十年前に提案されたものであるが、それを交通分野に適用した研究はごく限られているという点で先駆的な研究であると言える。本研究では、さらにそれらをパラメータを含む数理モデルとして定式化することにより、実データに適合させることができるという点で、交通需要予測等の実務にも直接的に用いることが可能である。加えて、従来の交通行動研究では考慮されていない心理的な損得感が利用者満足度に及ぼす影響が大きく、かつそれが参照価格をはじめとする意思決定フレームに大きく依存する等の行動科学的知見は、これまで支払い料金のみに着目してきた交通政策研究、ならびに公共事業の評価に用いられる費用便益分析等、学術および実務面の双方において標準的手法として広く用いられている分析手法の信頼性に大きな疑問を投げかけるものであると同時に、検討すべき政策対象を格段に広げるものである。

加えて、トリップごとの課金ではなく一定期間の利用に対する課金のほうが効果が大きい等の政策論的知見や、大規模な増税を行った場合、政策に対する賛否意識はその効果や妥当性に依存せず個人の損得感による影響が卓越する等の合意形成に関する知見は、いずれも本格実施に近い形で収集した信頼性の高いデータに基づくものであり、今後政策検討を行う上で直接的に活用可能であると共に、様々な実務的示唆を与えるものと考えられる。

さらには、本研究で構築した都市圏レベルでのCO₂削減効果算出システムは、交通需要の最小単位である個々人の交通行動に基づくものであることに加え、様々なデータソースの融合が可能なプラットフォームを有

する汎用性の高いシステムである。ゆえに、現在急速に普及しつつあるスマートフォンのGPSデータ等も直接的に活用でき、また今後それらデータを蓄積・融合することで、より精緻な効果算出ができるものと期待される。

(2) 環境政策への貢献

現況の高速道路の割引サービスの認知度は極めて低く、原資に見合った効果が得られていない、ポイント制度のような心理的なお得感を高める政策や一定期間の利用に対して支払いや報酬を付与する料金制度のほうが同一原資でも行動変容効果が高い、都市内交通については一定水準以上の料金割引はあまり効果が期待できない、一般財源化や極度な特定財源化は望ましくなく、ある程度税金の用途を限定した方が高い受容性が見込まれる等の知見は、これまでの税制や交通政策に関する議論に対して一石を投じるものであり、政策検討において重要な視座を与えるものと考えられる。また、自身の利得が変化しない政策でも受容性がかえって低くなる場合があるため個別対応が不可欠である、都市圏別に政策展開を変える必要がある等の知見は、合意形成や政策検討における基本的な方向性にも影響を及ぼすものであり極めて意義深いものと考えられる。ただし、本研究においては、一般市民の意識や交通行動のみを対象としているため、今後は交通事業者や店舗経営者等の産業界を含む多様な主体を含んだ形で効果を検証する必要がある。そのためには大規模な社会実験が必須であるため、引き続き学会等での発表を通じ成果の広報・普及に努めると共に、行政や交通事業者、商店街組合等と積極的に協議を行う予定である。

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 主な誌上発表

<査読付き論文>

- 1) Watanabe, A., Nakamura, T., Sekimoto, Y., Usui, T., Shibasaki, R.: The 32nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS), CD-ROM, (2011)
“A study on automatic kernel bandwidth selector for questionnaire-based statistics –using JICA person trip data in various developing cities–”

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

(2) 主な口頭発表(学会等)

- 1) 薄井智貴、中村敏和、金杉洋、関本義秀、柴崎亮介：第19回地理情報システム学会学術研究発表大会(2010)
「Mixed Map Matching手法を用いたGPSデータクリーニングサービス」
- 2) 川口淳、倉内慎也、浅野千晶、佐藤仁美、吉井稔雄：平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会(2011)
「交通料金政策に対する受容意識構造の分析」
- 3) 前川朝尚、西村賢太、倉内慎也、吉井稔雄：平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会(2011)
「複数回利用を想定した公共交通運賃方式に対する選好意識分析」
- 4) 石村龍則、倉内慎也、縄稚奈緒美、吉井稔雄：平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会(2011)
「高速道路料金の割引制度に対する利用者の認知特性」
- 5) 堀内彩未、倉内慎也、吉井稔雄：平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会(2011)
「公共交通運賃に対する損得感情の基礎的分析」
- 6) 倉内慎也、浅野千晶、佐藤仁美：第43回土木計画学研究発表会(2011)
「CO₂排出量の削減を目的とした交通料金政策に対する受容意識の分析」
- 7) 薄井智貴、金杉洋、関本義秀：第43回土木計画学研究発表会(2011)
「人の流れデータを活用した交通行動におけるCO₂排出量の推定と都市間比較」
- 8) 薄井智貴、金杉洋、関本義秀：第20回地理情報システム学会学術研究発表大会(2011)
「空間情報を用いた全国バスネットワーク整備に関する研究」
- 9) 倉内慎也、堀内彩未、佐藤仁美、吉井稔雄：第44回土木計画学研究発表会(2011)
「公共交通運賃に対するメンタル・アカウンティングの基礎的分析」

- 10) 倉内慎也、佐藤仁美、吉井稔雄：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「支払い・報酬付与のタイミングに着目した公共交通運賃方式に関する基礎的考察」
- 11) 石村龍則、倉内慎也、吉井稔雄：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「心理的コストに着目したカーシェアリングに対する利用意向の分析」
- 12) 荒木正登、佐藤仁美、倉内慎也：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「料金施策による交通行動変化に関する分析」
- 13) 薬師神司、倉内慎也、吉井稔雄、縄稚奈緒美：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「高速道路料金に対する利用者の認知特性に関する基礎的分析」
- 14) 薬師神司、倉内慎也、吉井稔雄、縄稚奈緒美：平成24年度土木学会四国支部第18回技術研究発表会（2012）
「高速道路料金の知覚特性と割引制度に関する一考察」
- 15) 青木俊介、倉内慎也、佐藤仁美、吉井稔雄：平成24年度土木学会四国支部第18回技術研究発表会（2012）
「PP調査データに基づく自動車利用課金後の行動変化分析」
- 16) 佐藤仁美、倉内慎也、薄井智貴：第45回土木計画学研究発表会（2012）
「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」
- 17) Sato, H., Kurauchi, S., Usui, T.: The 13th International Conference on Travel Behaviour Research, (2012)
“Study on travel behavior changes on economic incentives using social experiment data”
- 18) Kurauchi, S., Sato, H., Morikawa, T., Yoshii, T.: The 13th International Conference on Travel Behaviour Research, (2012)
“A preliminary analysis on traveler’s mental accounting for transit fare policies”

7. 研究者略歴

課題代表者：倉内 慎也

名古屋大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、現在、愛媛大学大学院理工学研究科講師

研究参画者

(1): 倉内 慎也 (同上)

(2): 佐藤 仁美

1974生まれ、名古屋大学大学院環境学研究科修了、博士(工学)、現在、名古屋大学大学院環境学研究科特任助教

(3): 薄井 智貴

1971生まれ、名古屋大学大学院環境学研究科修了、博士(工学)、現在、東京大学空間情報科学研究センター特任助教

(4): 倉内 慎也 (同上)

RF-1012 交通行動変容を促すCO₂排出抑制政策の検討とその持続可能性評価**(1) 実験経済学的アプローチによる交通行動変更意向の分析ならびに政策検討**

愛媛大学 理工学研究科

倉内 慎也

平成22～23年度累計予算額：4,300千円（うち、平成23年度予算額：2,185千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 本研究課題は、低炭素社会の実現に向けた交通政策のうち、利用料金や交通税制などの経済的政策に着目し、その効果や実現可能性を検討するものである。本サブテーマでは、ICカードやETCによって可能となる、ポイント制やキャッシュバックなどの多様な経済的政策を視野に入れ、その効果分析において鍵となる、経済的政策に対する利用者の認知メカニズムに着目して研究を行った。具体的には、経済的政策が期待される効果を発揮するか否かは、政策実施に伴う負担額の変化をいかに認知しているのかに依存することから、まず多様な割引サービスが実施されている高速道路料金制度に着目し、各種割引サービスの認知状況や、支払い料金等の知覚状況を分析した。その結果、多くの割引サービスは存在自体が認知されておらず、料金の知覚精度も極めて低いことが明らかとなった。次に、経済的政策は、支払いや割引等の方式により同一負担額でも利用者満足度が異なるものと考えられる。そこで、客観的な支払い料金のみならず、心理的なお得感の影響を明示的に考慮したメンタル・アカウンティング理論、心理的な損得勘定の認知特性に関するプロスペクト理論、支払いや割引等の利得が生ずる時点による効果の差異に関する時間選好理論を援用し、それらを数理モデルとして定式化した上で、インタビュー調査やアンケート調査データを用いて分析を行った。その結果、経済的政策に対する利用者満足度は、従来の分析において考慮されてこなかった心理的な損得感の影響が大きいこと、都市内交通においては、一定水準以上の料金割引はあまり効果が期待できないこと、同一原資でも支払や報酬の組み合わせ方により、利用者満足度が有意に異なること等が明らかとなった。また、最終的に、それらの認知特性を組み込んだ交通行動モデルを構築し、幾つかの経済的政策を実施した際の行動変化をシミュレートした結果、自動車利用に対する課徴金の用途によってその効果が異なることが判明した。特に、ガソリン税の特定財源化は一般財源化と比較して利用者満足度は高いものの、それが故に、他手段への転換やCO₂排出量の観点からは効果が低いことが明らかとなった。

[キーワード] 交通料金政策、認知メカニズム、メンタル・アカウンティング理論、プロスペクト理論、時間選好理論

1. はじめに

低炭素社会の実現には、日本の総CO₂排出量の約2割を占める運輸部門における大幅な削減が不可欠である。そのためには、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、課税や運賃政策等の経済的政策など、様々な手段を駆使して取り組む必要がある。この

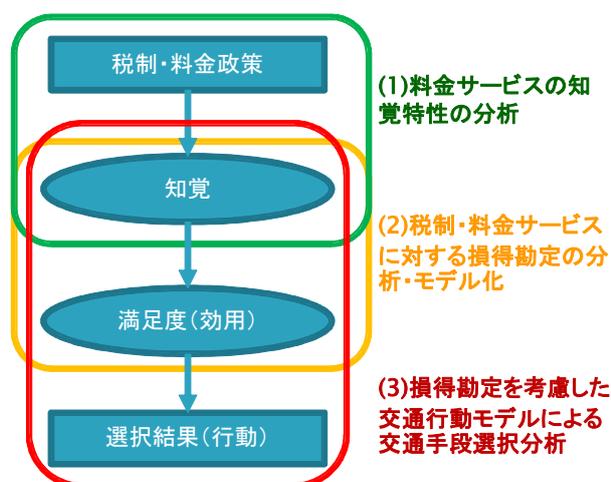
うち、経済的政策については、対象や金額等の設定を通じて、交通手段分担率などの交通需要に直接的かつ即座に影響を与えるほか、エコカー減税に代表されるように、様々な政策手段の浸透度合いにも影響を及ぼすことができるため、CO₂削減の進捗状況に応じて柔軟な対策をとることもできる。さらには、プライシングや運賃政策等の交通料金政策に着目すれば、近年一般化しつつあるETCや公共交通ICカードでは、個人の認証が可能で、また利用履歴も記録されることから、携帯電話の料金プランのように個々人のニーズに応じた多様な料金設定ができ、かつ地域の交通サービス水準に即した柔軟な料金政策の展開も現状の技術レベルで実施可能であると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。

しかしながら、これまで実施されてきた経済的政策は、税金や料金の単純な値上げ／値下げがほとんどである。一方、マーケティングの分野では、割引サービス一つをとっても、値下げ、キャッシュバック、ポイント制など様々な方式が実施されており、同一の原資でも商品の販売量や顧客満足度が大きく異なることが実証されている。従って、交通分野においても、そのようなマーケティング的なアプローチが必要であるが、従来の交通需要分析では、客観的な支払い料金のみに着目したものがほとんどであるため、料金が同一でもその賦課方式が異なる場合の効果の差異を評価することができない。また、それらの経済的政策は、本質的に移動主体の料金評価における認知バイアスに着目した政策であると言えるが、従来の交通行動分析では、認知メカニズムにまで立ち返った研究はごく限られているのが実状である。

2. 研究開発目的

そこで本サブテーマでは、まず交通の原単位となる個々の移動主体に着目し、図(1)-1に示すフレームワークに即して室内ヒアリング調査やアンケート調査の実施・分析を行い、税制や料金政策に対する認知メカニズムの把握ならびにモデル化を行うことを目的とした。具体的には、税制や料金政策に対する反応行動を把握するためには、まず利用者がそれらをどのように知覚しているのかを明らかにする必要がある。そこで、近年ETCを活用した様々な割引サービスが導入されている高速道路の料金システムを対象に、割引サービスや支払料金等をどのように知覚しているのかを明らかにする。次に、仮に課税額や利用料金が同一であったとしても、それが政策実施前に比べて負担増であるか否かや、税金の用途によって利用者満足度は異なるものと考えられる。そこで、公共交通運賃政策や自動車利用に対する課税を対象として分析を行い、政策実施に伴う利用者の損得勘定の変化の把握ならびにモデル化を行う。加えて、各種税制や料金政策の実施効果を把握するために、それらの認知メカニズムを明示的に考慮した交通行動モデルを構築し、政策実施に伴う交通行動の変化について考察する。

なお、以上の分析については、各々の移動に対して課金や割引を行うような政策を対象としている。一方、前述のようにICカード



図(1)-1 分析のフレームワーク

やETCを用いることにより、プリペイドやポストペイド方式、またそれに応じたプレミアムの付与やキャッシュバックのように、複数回の利用に対して様々な支払い・報酬の付与が可能となる。そこで、支払いや報酬付与方式による利用者満足度の差異を分析し、負担額が同一でも利用者満足度が最大になるような料金方式について検討を行う。

3. 研究開発方法

(1) 高速道路料金サービスに対する知覚特性の分析

通行料金や運賃の設定は交通需要をコントロールする上で決定的に重要な政策変数である。しかしながら、料金政策の効果は、利用者が政策によって課される料金をいかに知覚しているのかに依存する。特に近年では、ETCやICカードによる料金収受が主流になり、料金支払いに対する感度が低下しつつあるように思われる。加えて、高速道路の割引サービスは極めて多様であるため、単にETCを利用すれば何らかの割引が適用されるとの理由から、料金をそれほど考慮せずに高速道路を利用し、結果として過剰な需要を創出しているケースが少なからず存在するものと考えられる。そこで本節では、高速道路の利用料金に着目し、利用者が料金を正確に知覚しているかどうか、また、高速道路の料金割引サービスをどの程度知っているのかについて、インタビュー調査およびヒアリング調査を通じて検証を行った。

まず、高速道路の利用者に対して、サービスエリアでの休憩中に、当該トリップにかかる料金の知覚に関するインタビュー調査を行った。しかし、インタビューでは時間に限りがあることから、時間が無い人にはアンケートを手渡しで配布し、後日の郵送を依頼した。また、各種割引サービスの認知については、高速道路の利用状況等に依存すると考えられるため、一般市民を対象に別途愛媛大学にてヒアリング調査を実施した。調査概要を表(1)-1に示す。

表(1)-1 高速道路料金サービスに対する利用者調査の概要

	インタビュー調査	ヒアリング調査
実施主体	愛媛大学都市環境計画研究室	
実施日	2010/12/19(日)、23(木・祝) 2011/1/10(月・祝)、13(木)、14(金)	2011/1/17(月)、20(木)、22(土)
対象者	松山自動車道石鎚山サービスエリア利用者	松山市に在住・勤務の18歳以上の方
サンプル数	866名(うち、アンケート409名)	80名

利用料金の分析に際しては、仮に同一料金であった場合でも割引金額によって利用者満足度が異なる可能性がある。そこで本研究では、利用者が支払う料金を「支払い料金」、割引により割り引かれる料金を「割引料金」、割引サービスが無い場合に支払う通行料金を「通常料金」と定義し、利用インターチェンジや時間帯などの情報から各料金の真値を別途算出し、インタビュー調査における回答値（以下、知覚値と呼称）との比較ならびにその誤差要因の分析を行った。なお、平日と休日では適用される割引サービスが異なるため、平日と休日に分けて分析を行った。

一般市民を対象とした割引サービスの認知に関する調査においては、まず、「ETC割引サービスとしてどのような割引サービスをご存じですか」という質問に対し口頭での回答を要請し、知っている場合には、その割引率や摘要条件等についてわかる範囲での回答を依頼した。その上で、

ヒアリング結果と現在実施されているETC割引サービスを照合し、割引サービスやその内容の認知率について集計分析を行った。

(2) 税制および料金サービスに対する損得勘定の分析・モデル化

1) 公共交通運賃政策に対するメンタル・アカウンティングの分析

様々な料金政策の差異が考慮可能な理論として、本研究では、ミクロ経済学における効用理論に心理的な損得感の影響を組み込んだメンタル・アカウンティング理論¹⁾に着目した。メンタル・アカウンティング理論では、財の購入に伴う利用者の効用は次式で表される。

$$U = AU(\bar{p}, p) + \beta TU(p : p^*) \quad (1-1)$$

式(1-1)の右辺第1項は、獲得効用(Acquisition Utility)と呼ばれ、ミクロ経済学における消費者余剰に該当し、財に対する支払意思額 \bar{p} と財の購入価格 p の関数として表される。右辺第2項は、財の購入に伴う心理的な損得感を表現する取引効用(Transaction Utility)であり、プロスペクト理論²⁾の価値関数に基づくものである。すなわち、心理的な損得感は、財の購入価格 p と判断基準となる参照価格 p^* との相対評価によって構成され、購入価格のほうが高い場合には損失フレーム、安い場合には利得フレームとして異なる評価がなされる。なお、一般消費財の購入においては、通常の販売価格や前回の購入価格などが参照価格になることが多く、これにより、割引や値上げに伴う主観的損得感を表すことができる。また、プロスペクト理論の価値関数では、一般に、利得と損失の金額が同一であった場合には、損失の方が価値に及ぼす影響が大きいという損失回避性が成り立つとされている。さらには、購入価格と参照価格との差が大きくなるほど、購入価格の変化に対する価値の変化量が小さくなるという刺激逓減性も成立することが確認されている。なお、式(1-1)の β は、獲得効用と取引効用の相対的重要度を表すパラメータであり、これにより心理的な損得感が満足度に及ぼす影響を把握することができる。

ここで、式(1-1)は概念モデルであるため、損失回避性等の認知特性を実データから検証することはできない。そこで、本研究では、交通意思決定における認知特性を把握するために、2011年1月に松山市在住者80名を対象にインタビュー調査を実施し、公共交通運賃の値上げ・割引を行った場合の満足度等を尋ねると共に、次式のように式(1-1)における効用関数をパラメータを含む形で定式化し、収集したデータを用いてモデルに含まれる未知パラメータの推定を行った。

$$U = \alpha + AU(\bar{p}, p) + TU(p : p^*) \quad (1-2)$$

$$AU(\bar{p}, p) = \begin{cases} \gamma_{AU, Gain} (\bar{p} - p)^{\exp(\eta_{AU, Gain})} & \text{if } \bar{p} \geq p \\ \gamma_{AU, Loss} (p - \bar{p})^{\exp(\eta_{AU, Loss})} & \text{if } \bar{p} < p \end{cases} \quad (1-3)$$

$$TU(p : p^*) = \begin{cases} \gamma_{TU, Gain} (p^* - p)^{\exp(\eta_{TU, Gain})} & \text{if } p^* \geq p \\ \gamma_{TU, Loss} (p - p^*)^{\exp(\eta_{TU, Loss})} & \text{if } p^* < p \end{cases} \quad (1-4)$$

ここに、式(1-2)～式(1-4)に含まれる α 、 γ および η は未知パラメータであり、 p は利用者が実際に

支払う運賃、 \bar{p} は支払意思運賃、 p^* は参照価格、である。式(1-2)の α は定数項であり、獲得効用および取引効用以外の要因の影響を考慮するために導入している。また、式(1-1)における β については、式(1-3)および式(1-4)に含まれる γ との識別可能性から、ここでは割愛している。式(1-3)および式(1-4)はそれぞれ獲得効用、取引効用であり、消費者余剰ならびに利得・損失として、今回は支払意思運賃や参照価格との支払い運賃の差を用いている。加えて、式(1-4)については、プロスペクト理論が主張する損失回避性および刺激逡減性が検証できるように、利得フレームと損失フレームで場合分けを行い、フレームごとにパラメータを変えると共に、指数関数を採用した。続いて、獲得効用、すなわち消費者余剰についても、取引効用と同様に損失回避性および刺激逡減性が成り立つ可能性がある。そこで式(1-3)のように、獲得効用についても取引効用と同じ定式化を行った。

2) ガソリン税制に対するメンタル・アカウンティングの分析

運輸部門におけるCO₂排出量の約半分は自家用乗用車によるものであり、貨物車等も含めた場合、約85%が自動車利用に起因する。加えて、CO₂のみならずNO_xをはじめとする各種大気汚染や騒音など、自動車利用に伴って生ずる外部不経済に対して、利用者が相応の対価を払っていないとの指摘もなされており、環境税等による外部不経済の内部化が古くから検討されている。また、現在急速に進みつつある高齢化社会において人々のモビリティを確保する上では、公共交通サービスの安定的供給が不可欠であり、そのためには財源の確保が大きな課題となる。そこで本研究では、欧米諸国での例にならい、自動車利用に対して課税を行い、その課徴金を公共交通サービスの拡充や環境政策に充てるような税制に着目する。ここで、税制の検討においては、誰からいくら徴収し、それを何に使うかによって、その効果や税制に対する受容性が異なる。ゆえに、本研究では、ガソリンに税金を賦課することを前提とし、その課税額や課徴金の使途によって自動車利用意思決定の背後に潜む心理的損得感がどのように変化するかを分析した。

さて、我が国においては、ガソリンに対する税金として、現在1リットルあたり53.8円が課税されており、課徴金は一般財源として様々な政策に用いられている。また、一般財源化が図られる以前は、課税額は同一であるものの、課徴金は道路特定財源として道路の維持管理や新設等に用いられていた。そこで、本研究では、ガソリンに対する税金の使途として、一般財源および道路特定財源と共に、欧米諸国のように公共交通サービスの拡充や環境政策に充てる環境・交通税を対象に分析を行った。具体的には、前述の公共交通運賃に対するメンタル・アカウンティングの分析と同じ手法をガソリン税制に対して適用し、2012年1月に松山都市圏在住・在勤の72名を対象に実施した室内実験により収集したデータを用いて、税制ごとに式(1-2)～式(1-4)によって表されるメンタル・アカウンティングモデルを推定した。

3) メンタル・アカウンティングを考慮した交通手段選択モデルによる交通料金政策の評価

1) および2)の分析は、公共交通運賃やガソリン価格に対する利用者満足度に特化した分析である。一方、政策実施効果を把握するためには、それが交通手段選択等の行動とどのように関連しているのかを明らかにする必要がある。そこで、本研究では、1) および2)で構築した交通料金政策に対するメンタル・アカウンティングを組み込んだ交通手段選択モデルを構築し、政策実施に伴う行動変化を分析した。

交通手段選択モデルとしては、公共交通vs.自動車の2項ロジットモデルを採用し、各々の効用関数を次式のように特定化した。

$$\begin{aligned} U_{mass} &= \beta_0 + \beta_1 LH_{mass} + \beta_2 Access + \beta_3 Mental_{mass} + \varepsilon_{mass} \\ U_{car} &= \beta_1 LH_{car} + \beta_4 Mental_{car} + \varepsilon_{car} \end{aligned} \quad (1-5)$$

ここに、添字の $mass$ および car はそれぞれ公共交通および自動車を表しており、 U は総効用、 LH はラインホール所要時間、 $Access$ は公共交通の端末所要時間を示している。また、 $Mental$ は1) および2) で構築した公共交通運賃ならびにガソリン価格に対するメンタル・アカウンティングモデルから計算される費用に関する利用者満足度であり、 ε は効用の誤差項、 β は未知パラメータを表している。

モデル推定には、松山都市圏在住・在勤の72名を対象に2012年1月に実施した室内実験データを用いた。実験では、松山市中心部への自由目的トリップを対象に、普段利用している交通手段（RPデータ）と共に、ラインホール所要時間や費用、公共交通の端末所要時間を実験計画法に基づいて変化させ、1個人あたり8つの交通手段選択データ（SPデータ）が得られている。この双方のデータを用いてRP/SP融合推定法³⁾に基づき式(1-5)に含まれる未知パラメータを推定し、そのモデルを用いて、料金政策を実施した際の交通手段分担率の変化をシミュレートした。

(3) 複数回利用を想定した公共交通料金プランに対する選好意識の分析

(1) ならびに(2)の分析は、利用料金の単純な値上げや割引を想定したものである。一方、ICカードやETCは、個人の認証や利用履歴の記録が可能であることから、携帯電話の料金プランのように、個々人の利用ニーズに即した多様な料金設定や、ポイント制、キャッシュバックのような様々な割引サービスを実施することができる。そこで本研究では、複数回の利用を想定した交通料金政策として、公共交通の運賃方式を対象とし、特に運賃の支払いとプレミアム等の報酬付与のタイミングの違いによる満足度の評価構造に着目して分析を行った。ここで、支払や報酬は、同一金額であってもそれが生ずるタイミングにより価値が異なるものと考えられる。本研究では、それを説明する理論として時間選好理論⁴⁾に即して、将来発生する支払いや報酬の価値を現在価値に換算するアプローチを採用し、利用者の満足度を次式のように定式化した。

$$U_n(m) = \alpha_n \left\{ - \sum_{k=1}^{K_{mn}} \left(L_{kmn} \times e^{-i_n^L t_{kmn}} \right) \right\} + \beta_n \left\{ \sum_{k=1}^{K_{mn}} \left(G_{kmn} \times e^{-i_n^G t_{kmn}} \right) \right\} + \gamma_x \quad (1-6)$$

ここに、 $U_n(m)$ は個人 n が運賃方式 m のもとで K_{mn} 回先までの利用により得られる効用の基準時刻における価値、 L_{kmn} は方式 m のもとで個人 n が k 回目の利用時に支払う運賃、 G_{kmn} は方式 m のもとで個人 n が k 回目の利用時に受け取る報酬金額、 t_{kmn} は方式 m のもとで個人 n が k 回目に公共交通を利用するまでの基準時刻からの経過時間、 i_n^L は個人 n の支払に関する割引率、 i_n^G は個人 n の報酬に関する割引率、 α_n および β_n は支払および報酬の相対的重要度を表すパラメータ、 γ_x は支払の容易さなどの他の要因の影響を表す項、である。

本研究では、2008年から2009年にかけて、名古屋市と松山市で実施した2つのアンケート調査データを用いて、支払および報酬付与のタイミングに対する選好を表す割引率を推定した。

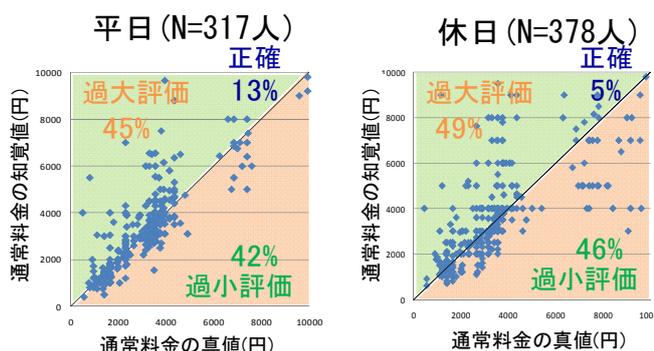
4. 結果及び考察

(1) 高速道路料金サービスに対する知覚特性の分析

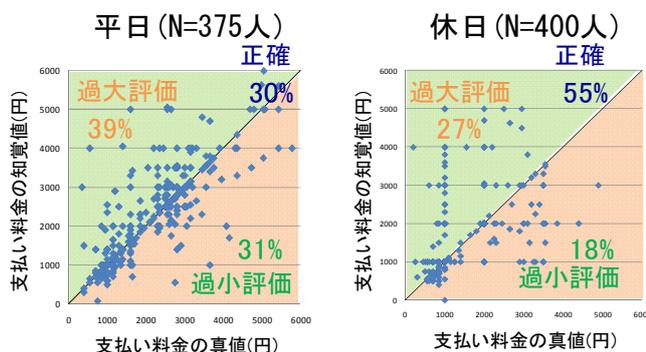
図(1)-2～図(1)-4に、通常料金、支払い料金、割引料金の知覚値の分布を示す。まず図(1)-2より、通常料金の真値を正確に知覚しているのは平日で約10%、休日では5%と極めて低く、そもそも通常料金を全く意識していない利用者がほとんどであると考えられる。支払い料金については、正確に知覚している人は、平日で30%、休日では55%と通常料金よりも多く、そのばらつきも小さい。休日は、支払い料金の上限が1000円または2000円の休日特別割引が適用されていたため、やや知覚精度が高いものの、そのメディア露出度にも関わらず約半数の利用者が支払い料金を誤って認知していることがわかる。割引料金については平日・休日ともに真値を過小評価する傾向が見られ、全体的に利用者は割引の恩恵を十分に感じていないものと推測される。

次に、支払い料金の知覚誤差について、それがどのような要因によるものかを把握するため、正確に知覚しているかどうかを被説明変数として二項プロビットモデルを用いて分析を行った。表(1)-2の推定結果は、推定値が正であれば正確に知覚する傾向にあることを示している。まず、高速道路の年間利用回数が24回以下の利用者が料金を誤って知覚する傾向があるのは、普段から高速道路の料金に慣れ親しんでいないためだと考えられる。また通勤割引の利用者については、割引適用時間を知らずに利用したために、支払い料金を誤って知覚しているものと推察される。休日においては、支払い料金の真値が1000円または2000円の利用者、すなわち休日特別割引が適用される場合は正確に料金を知覚する傾向にあり、これは料金設定がシンプルであり、かつ定額制でわかりやすいためであると考えられる。個人差に目を向けると、男性は家計のやりくりをあまり行わないため、支払いに対する意識が低く、誤って知覚する傾向があると考えられる。

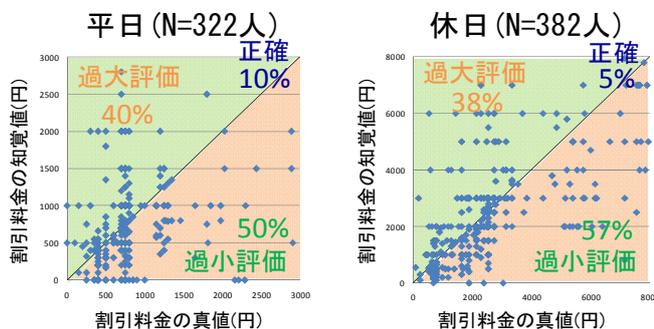
次に、割引サービスの認知状況に関するヒアリング調査データの分析結果について、まず割引サービスの存在自体をどの程度認知しているかについて集計した結果を図(1)-5に示す。頻繁に報道がなされた休日特別割引でさえ約半数の認知に過ぎず、平日昼間割引に至っては一割弱しかサ



図(1)-2 通常料金の知覚値の分布



図(1)-3 支払い料金の知覚値の分布



図(1)-4 割引料金の知覚値の分布

ービスを認知していない。以上より、割引サービスの存在は多くの市民に伝わっていないと言えよう。図(1)-6は各割引サービスの割引率や摘要条件等の割引内容についての認知状況の分析のうち、サービスの認知度が最も高かった通勤割引の集計結果を示したものである。最も認知されている割引内容は支払い料金に関連する割引率であるが、その認知度は依然として低いと言えよう。また適用時間帯に関しては誤って認知している人が多く、これは時間帯が複数存在するためであると考えられる。

以上より、割引サービスは存在自体が認知されておらず、支払い料金や割引料金の知覚精度も非常に低いことが明らかとなった。これは、多くの方は、ETCを利用すれば何らかの割引が適用されるため現金払いよりは得だという程度にしか割引サービスを認知していないためであると考えられる。また、割引料金については過小評価される傾向にあることから、現状のETC割引サービスは原資に見合った効果を得ていないと言えよう。ゆえに、料金設定による需要のコントロールという観点からは、現状のサービスの統廃合ならびに定額制などのシンプルな割引サービスへの移行など、抜本的な改革が必要であろう。

(2) 税制および料金サービスに対する損得勘定の分析・モデル化

1) 公共交通運賃政策に対するメンタル・アカウンティングの分析結果

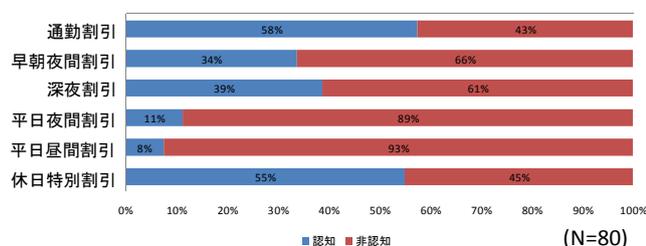
表(1)-3にモデルの推定結果を示す。なお、モデルの推定にあたっては、参照価格として「知覚運賃」と「ちょうどいい運賃」を用いたモデルをそれぞれ推定した。ここで、「ちょうどいい運賃」とは、メンタル・アカウンティング理論を適用する際に必要となる参照価格を見出すための構成概念であり、調査においては満足度が0、すなわち損でも得でもないと感じる運賃に関する被験者の回答値である。

結果より、いずれのケースについても γ は有意に推定されていることから、公共交通運賃の満足度には獲得効用のみならず、主観的な損得感を表す取引効用も影響を及ぼしていることが統計的

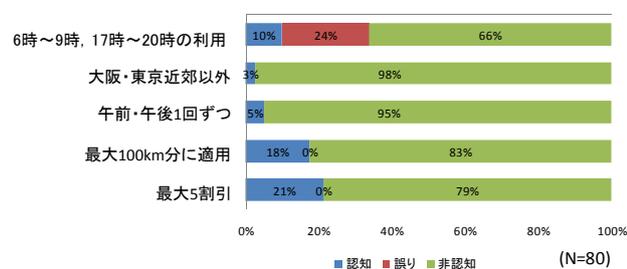
表(1)-2 二項プロビットモデルの推定結果

説明変数	平日	休日
	推定値	推定値
定数項	-0.235	-0.543
料金所通過後ダミー	0.861*	
OD間距離/100(km)	-0.399*	-0.0912
支払い真値1000円		2.06*
支払い真値2000円		1.46*
全同乗者数(人)		-0.173*
負担(会社負担)		-0.825*
年間の高速道路利用回数が24回以下	-0.351**	
男性ダミー		-0.484*
年収(200万円未満)		-0.490**
年収(400万円以下)	0.193	
通勤割引	-0.538*	
サンプル数	297	293
McFaddenの自由度調整済決定係数	0.185	0.285

* 5%有意 ** 10%有意



図(1)-5 割引サービスの存在の認知状況



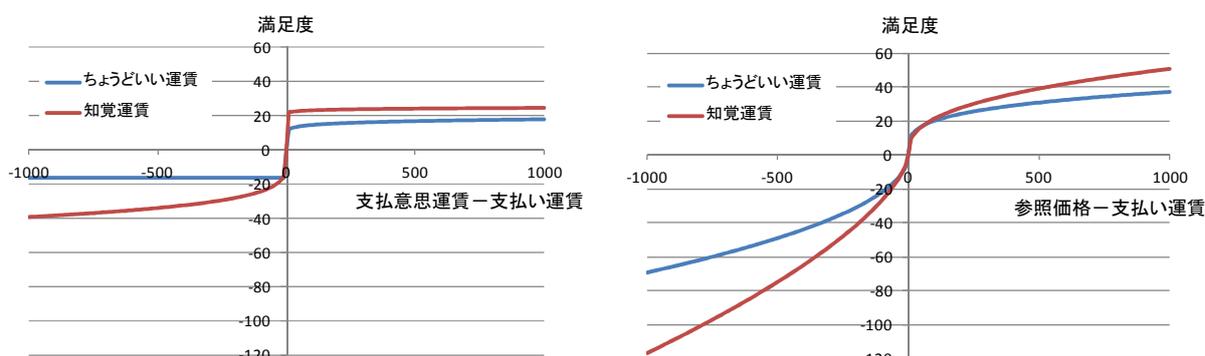
図(1)-6 通勤割引の割引内容の認知状況

に確認された。次に参照価格について、AICの値から適合度が高いのは参照価格として「ちょうどいい運賃」を用いた場合であることがわかる。ただし、適合度にはそれほど大きな差はないため、今回の分析においては、知覚運賃に近い値が参照価格になっているものと考えられる。実際、知覚運賃とちょうどいい運賃の相関を調べたところ、相関係数は0.830であった。

表(1)-3 公共交通運賃に対するメンタル・アカウンティングモデルの推定結果

パラメータ	ちょうどいい運賃		知覚運賃	
	推定値	t値	推定値	t値
α	0.230	4.23	0.072	1.83
$\gamma_{AU, Gain}$	0.181	2.44	0.243	3.65
$\gamma_{AU, Loss}$	-0.159	-4.31	-0.391	-4.50
$\gamma_{TU, Gain}$	0.369	2.88	0.506	4.99
$\gamma_{TU, Loss}$	-0.697	-5.44	-1.173	-2.96
$\eta_{AU, Gain}$	-2.438	-1.67	-3.657	-1.28
$\eta_{AU, Loss}$	-12.005	-14.95	-1.579	-3.43
$\eta_{TU, Gain}$	-1.310	-3.15	-0.975	-3.73
$\eta_{TU, Loss}$	-0.701	-2.80	-0.445	-1.73
AIC	722.7		725.2	

表(1)-3の推定結果のみでは、損失回避性や刺激逓減性が視覚的にわかりにくいいため、推定結果を用いて獲得効用ならびに取引効用の値を計算した結果を図(1)-7に示す。



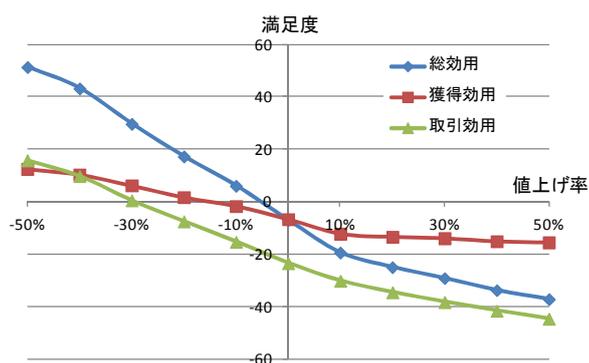
図(1)-7 公共交通運賃評価における獲得効用（左）ならびに取引効用（右）の推定結果

図より、取引効用については損失回避性や刺激逓減性が顕著に表れていることがわかる。実際、表(1)-3においても、 η_{TU} はすべて10%の有意水準で推定されており、その値は利得フレームのほうが小さいことから、刺激逓減性は利得フレームにおいてより顕著であると言える。同様に、 γ_{TU} についても有意に推定されており、その絶対値は損失の方が利得の2倍近くに及んでおり、強い損失回避性を示していると言える。以上のことから、仮に参照価格を基準に運賃の値上げや値下げを行った場合、利用者は値上げにかなりの拒否反応を示すと思われる。一方、運賃値下げについては、心理的なお得感は値下げ金額に比例しないため、都市内交通のように運賃がそれほど高くない場合には、過剰な値下げはそれほど効果を生じないものと推察される。

次に、獲得効用については、刺激逓減性および損失回避性はそれほど見受けられない。実際、表(1)-3において、 η_{AU} の値はかなり大きな負の値で推定されていることから、満足度は消費者余剰

の金額にはほとんど依存しないことがわかる。また、 γ_{AU} の推定値に着目すれば、参照価格として「知覚運賃」を用いた場合にはやや損失回避性が確認できるものの、「ちょうどいい運賃」を用いた場合にはわずかに逆の結果が得られている。これらのことから、公共交通運賃の値上げや値下げを行った場合、値上げや値下げに伴って生ずる消費者余剰の符号のみを評価し、満足度はその金額にはほとんど依存しないものと推測される。この理由として、今回の調査で対象とした移動が比較的安価であると共に、値上げや値下げ率は20%や50%であったため、呈示した値上げ/値下げ金額が数10円のオーダーとなるケースが多く、その差が満足度に反映されなかったことが挙げられる。すなわち、消費者余剰が満足度に影響を及ぼすには、一定の閾値のようなものが存在する可能性があるものと考えられる。

図(1)-8は、参照価格として「ちょうどいい運賃」を適用したモデルを用いて、運賃政策を実施した際の満足度の変化をシミュレートした結果である。具体的には、運賃を-50%（値下げ）から50%（値上げ）まで10%ずつ変化させ、その各々のケースについて、総効用、獲得効用、取引効用を被験者ごとに算出し、その平均値をプロットしたものである。図からわかるように、運賃値上げに伴う獲得効用の変化は緩やかであり、全体の満足度を表す総効用の変化は取引効用の変化と類似している。このことから、運賃政策による満足度は、心理的な損得感を表す取引効用により大きな影響を受けると言えよう。



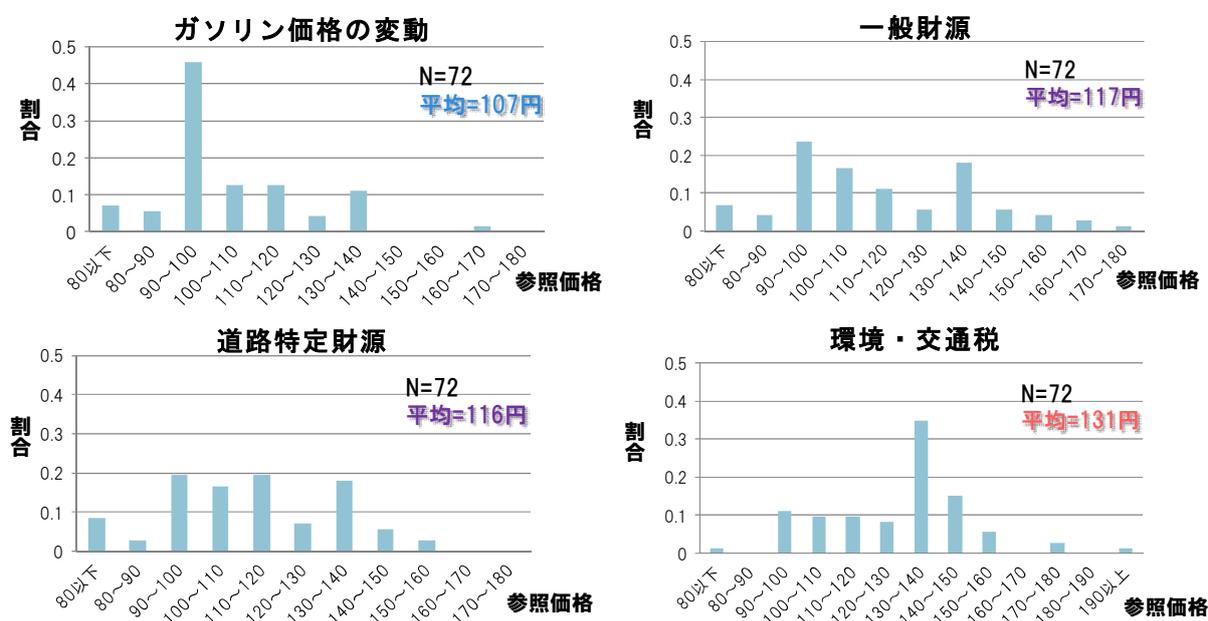
図(1)-8 公共交通運賃政策実施時の獲得効用・取引効用及び満足度

2) ガソリン税制に対するメンタル・アカウンティングの分析結果

まず、ガソリン価格に対する心理的損得感の評価基準となる参照価格に着目し、各税制下での参照価格の分布を算出した。結果を図(1)-9に示す。なお、実験においては、まず為替相場や市場取引等によってガソリン価格が自然変動した場合について尋ね、次いで、各税制下での課徴金の使途を告知し、その上で参照価格やガソリン価格に対する損得感を尋ねている。そこで、以下では、各税制と共に、ガソリン価格が自然変動した場合についての結果も併せて示すこととする。

図より、ガソリン税の使途を告知することで参照価格の平均値が高くなっていることがわかる。今回の実験では、参照価格としてちょうどよいと思うガソリン1リットル当たりの価格を尋ねているため、これは税金の使途を告知することで、利用者の納得度合いが高くなることを示唆している。この解釈としては、ガソリン価格の自然変動には投機的な意味合いがある一方、税金は巡り巡って自身に利益が還元されることによるものと推察される。ガソリン価格が自然変動した場合の参照価格の分布をみると、90~100円にピークが見られる。これは、ガソリン価格が100円/lを下

回った時期を経験したことによるものであり、過去の最低価格が参照価格になりやすいものと思われる。ゆえに、仮に世界的に石油需要が増大し、それに応じてガソリン価格が経年的に高くなるような場合、特に若年層を中心にガソリン価格に対する参照価格は高くなる、すなわち高いガソリンが当たり前という認識が広まり、結果として自動車利用が増える方向に推移する危険性が懸念される。次に、税金の用途による差に目を向けると、最も参照価格の平均値が高いのは環境・交通税の場合である。加えて、一般財源や道路特定財源の場合は、分布が二極化もしくはなだらかになっていることがわかる。実際、各税制に対する意見を尋ねたところ、道路特定財源は用途を限定しすぎているため無駄遣いが生ずる疑いがあり、逆に一般財源下では税金が何に使われているのか不明瞭である等の不信感を表明する人が多く、その点において、環境・交通税がバランスとしてちょうど良いものと認識されたものと推察される。



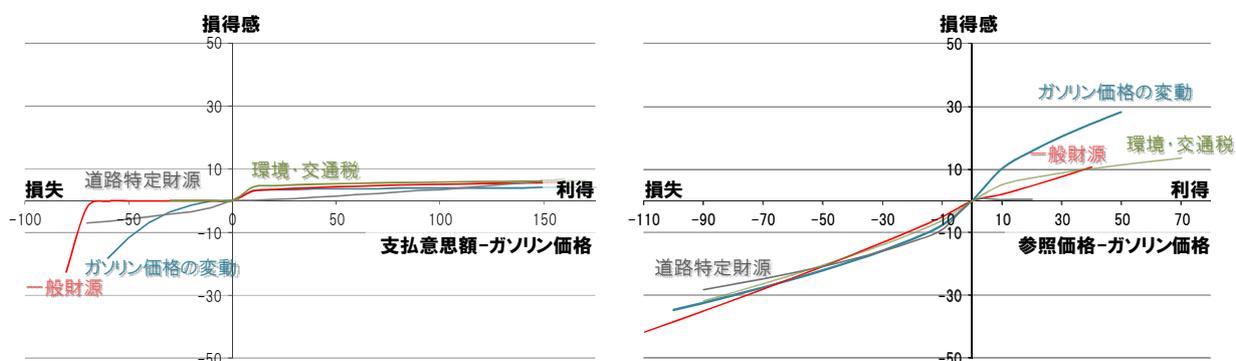
図(1)-9 各税制下での参照価格の分布

次に、各税制下におけるガソリン1リットルの価格に対する利用者の損得感を、メンタル・アカウンティング理論を適用しモデル推定した結果を表(1)-4に示す。併せて、その推定結果を用いて計算されるガソリン価格の自然変動や増税に伴う獲得効用ならびに取引効用の変化を図(1)-10に示す。

公共交通運賃政策に対するメンタル・アカウンティングの分析と同様に、利用者の損得感に占める獲得効用の割合は非常に小さいことがわかる。また、取引効用については、税金の用途による差異はそれほどなく、ガソリン価格の自然変動と比較した場合、特に利得領域でお得感が小さいことが見てとれる。これは税制については自身の投票行動等を通じて少なくとも間接的にはコントロール可能であるのに対し、ガソリン価格の自然変動は個々人の意向から大きく離れた部分で決定されるため、仮にガソリン価格が下落した際には、その心理的にお得感が顕著になるものと推測される。

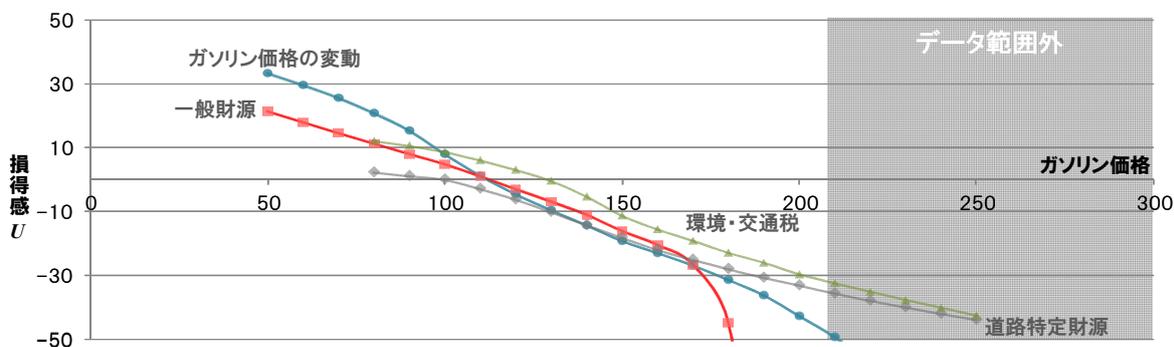
表(1)-4 各税制下でのガソリン価格に対するメンタル・アカウンティングモデルの推定結果

パラメータ	ガソリン価格の変動		一般財源		道路特定財源		環境・交通税	
	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
α	-0.030	-0.78	-0.777	-2.94	-0.0168	-1.18	-0.0951	-3.51
$\gamma_{AU, Gain}$	0.080	2.33	0.105	3.22	0.0719	1.91	0.116	3.83
$\gamma_{AU, Loss}$	-1.230	-1.58	-23.553	-1.99	-0.176	-1.66	0.00170	1.11
$\gamma_{TU, Gain}$	0.878	5.04	0.621	2.11	0.0226	0.06	0.324	2.30
$\gamma_{TU, Loss}$	-0.697	-12.75	-0.767	-14.77	-0.598	-11.23	-0.687	-11.85
$\eta_{AU, Gain}$	-2.41	-2.69	-1.448	-1.46	0.300	-2.59	-2.003	-2.40
$\eta_{AU, Loss}$	0.868	2.68	2.875	22.14	-0.550	-0.80	1.579	8.57
$\eta_{TU, Gain}$	-0.452	-2.01	0.144	0.39	-0.860	-0.11	-0.702	-1.40
$\eta_{TU, Loss}$	-0.431	-3.79	-0.121	-1.28	-0.653	-3.33	-0.286	-2.49
サンプル数	340		340		340		340	
AIC	650.2		419.4		400.8		396.4	



図(1)-10 ガソリン価格の評価における獲得効用（左）ならびに取引効用（右）の推定結果

図(1)-11は、推定モデルを用いて、増税あるいはガソリン価格の自然変動が生じた場合の利用者損得感の推移をシミュレートした結果である。一般財源の場合、増税額が一定以上になると損失感が急激に高まることわかる。これは、先にも述べたように、税金が何に使われているのかわからないことによるものと考えられ、一般財源下で過剰な税金を徴収した場合、非常に大きな反発を招くものと推測される。これに対し、環境・交通税や道路特定財源の場合は、増税額に応じて損失感は緩やかに低下している。これは、増税により損失感は高くなるものの、用途を限定



図(1)-11 ガソリン税制実施時の利用者満足度の推移

することで着実に状況改善が図られるとの期待感の表れであるものと推察される。

3) メンタル・アカウンティングを考慮した交通手段選択モデルによる交通料金政策の評価

交通手段選択モデルの推定結果を表(1)-4に示す。なお、需要予測結果の比較対象として、式(1-5)の*Mental*の項に各交通手段の費用の値をそのまま代入した従来モデル（単純RP/SP）の推定結果を併せて示す。

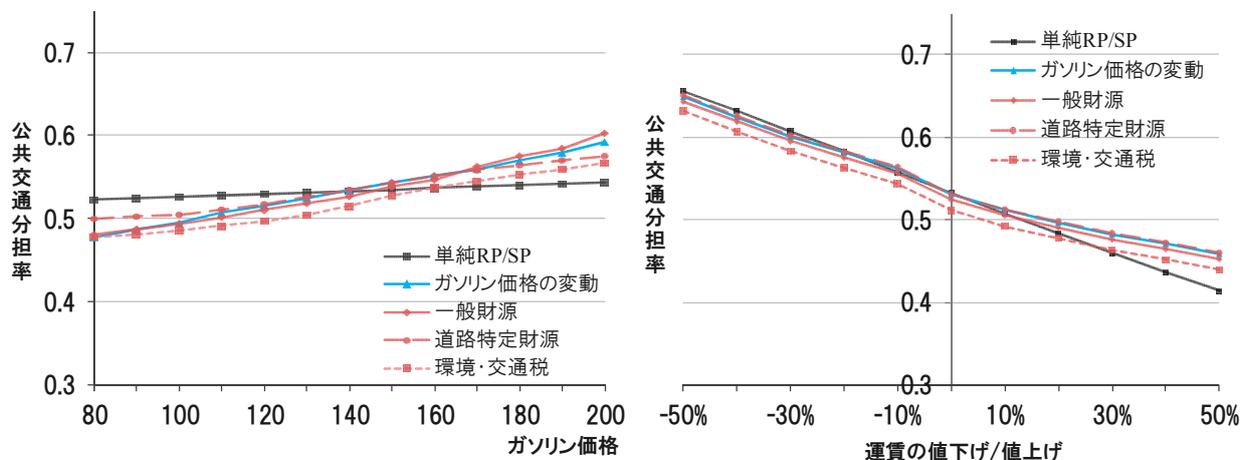
表(1)-4 交通手段選択モデルの推定結果

パラメータ		単純RP/SP		メンタル・アカウンティング考慮	
		推定値	t値	推定値	t値
定数項_バス		1.21	4.82	0.540	1.78
時間(h)	ラインホール	-0.622	-1.22	-0.611	-0.09
	アクセス	-3.64	-3.33	-3.28	-2.45
費用(1,000円)	公共交通	-3.57	-6.12	0.994	2.59
	自動車(RP)	-0.932	-3.66	0.497	0.61
	自動車(SP)			0.438	1.45
サンプル数		52		52	
AIC		870.97		893.97	
自由度修正済み尤度比		0.0706		0.0461	

モデルの適合度を示すAICの値を見ると、従来モデルの方が有意に適合度が高いことがわかる。これは、今回用いたSPデータが、従来モデルに対応した形式のものであることによる。しかしながら、必ずしも現況再現性と予測精度が一致するとは限らず、また、ラインホール所要時間とアクセス所要時間のトレードオフ関係や自動車と公共交通費用のパラメータの相対的關係はほぼ一致していることから、当該モデルを用いて交通手段選択分析を行うことにする。

図(1)-12は、表(1)-4に示したモデルを用いて、ガソリン価格の変動ならびに各税制下で増減税を行った場合と、公共交通運賃の値上げ/値下げを行った場合の公共交通分担率の変化を、数え上げ法を用いてシミュレートした結果を示している。まずガソリンに関する政策について、従来モデルでは価格感度が極めて低いことがわかる。これは、分析対象が自動車依存度の高い松山都市圏在住・在勤者であることにもよるが、価格評価において重要な役割を担う心理的損得感が考慮されていないためである。ゆえに、従来モデルを用いた需要予測では政策実施効果を誤って予測する危険性があるものと考えられる。税制による違いに着目すると、2)の分析において参照価格の平均値が高い政策ほど、増税による影響が少なくなっている。これは、参照価格が高ければ、増税額が同一でも心理的損失感が抑えられるためである。従って、参照価格が高い、すなわち納得度合いが高い政策は高い受容性が見込まれる反面、それによる自動車利用削減効果が通減してしまう可能性があると言えよう。次に、公共交通運賃政策に目を向けると、従来モデルでは運賃値上げに伴い分担率が比例的に減少している。これは従来モデルが線型効用関数を用いている一方、メンタル・アカウンティングを考慮したモデルでは、特に値上げに伴う心理的損失感に関して刺激通減性が成立するためである。公共交通運賃の値上げについては、地方都市におけるモビリティの確保の観点や所得逆進性の問題から非現実的ではあるが、分析手法の妥当性という点で、

従来モデルでは誤予測の危険性があるものと考えられる。



図(1)-12 ガソリン価格の変動/増税（左）及び公共交通運賃政策（右）の実施による分担率の変化

(3) 複数回利用を想定した公共交通料金プランに対する選好意識分析の結果

支払・報酬の割引率の推計結果を表(1)-5および表(1)-6に示す。まず松山の推定結果より、報酬の割引率は支払の割引率よりも低い値となった。このことから、1カ月後に5000円の支払と500円の報酬が同時に発生するような場合、支払を4500円に減らすのではなく、支払は5000円のまま、500円をキャッシュバックする方が利用者の効用は高くなる事が分かる。また、個人属性の違いに着目すると、女性ダミーが支払の割引率に対し正に推定された。これは、女性は男性に比べ、事前に支払うことにより抵抗があることを示している。一方、報酬の割引率については負に大きく推定されたことから、女性は男性よりも報酬の価値が時間経過によって割引かれにくいと言える。

一方、名古屋については、報酬の割引率の方が支払いの割引率よりも大きな値で推定された。従って、報酬に対しては近視眼的、すなわち、事後的な報酬はあまり効果がないため、あらかじめ支払料金を割引く方式、あるいはプリペイド形式で最初にプレミアムを付与する形式が

表(1)-5 割引率の推定結果（松山）

説明変数		推定値
支払の割引率	購入金額2000円ダミー	1.35**
	購入金額5000円ダミー	1.34**
	1週間の公共交通利用回数(回)	0.0375**
	女性ダミー	0.107**
報酬の割引率	購入金額2000円ダミー	0.856**
	購入金額5000円ダミー	0.767**
	1週間の公共交通利用回数(回)	-0.202**
	女性ダミー	-0.302**
サンプル数		225

**1%有意, *5%有意

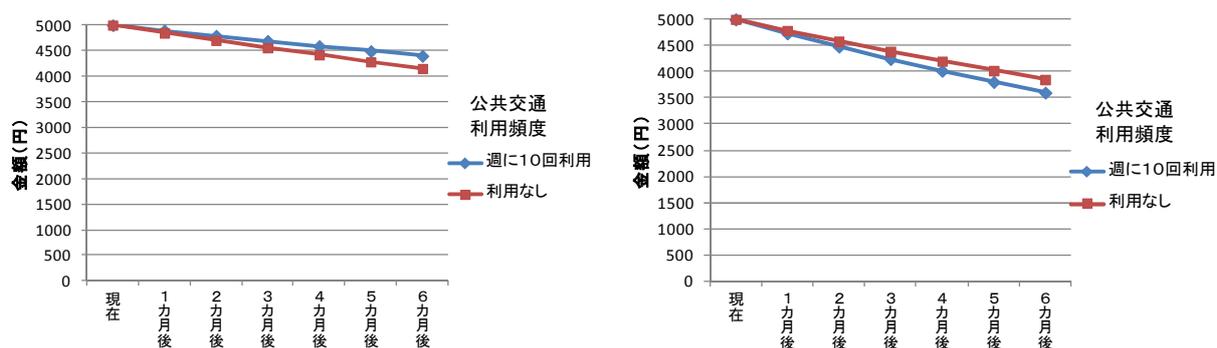
表(1)-6 割引率の推定結果（名古屋）

説明変数		推定値
支払の割引率	購入金額2000円ダミー	0.435**
	購入金額5000円ダミー	0.925**
	1週間の公共交通利用回数(回)	-0.0321**
	女性ダミー	0.107**
	年収800万円以上ダミー	0.334**
報酬の割引率	購入金額2000円ダミー	2.68**
	購入金額5000円ダミー	1.69**
	1週間の公共交通利用回数(回)	0.0804**
	女性ダミー	-0.858**
	年収800万円以上ダミー	0.445**
サンプル数		256

**1%有意, *5%有意

効果的であると考えられる。

図(1)-13は名古屋、松山の支払の割引率の推定結果を用いて、5000円の支払が支払時期（基準時刻からの経過日数）によってどのように変化するかを表したものである。名古屋では、公共交通の利用頻度が週に10回の人、6カ月後の5000円支払が基準時刻で約4500円支払うことと等価になる。一方、公共交通を利用していない人は、基準時刻で約4000円支払うことと等価であり、価値がより大きく割引されていることがわかる。つまり、名古屋では公共交通を利用しない人は、将来の支払金額を低く見積もる傾向にあることが分かる。松山については名古屋とは逆の結果を示しており、公共交通の利用頻度が高い人ほど近視眼的な評価を行うものと考えられる。



図(1)-13 5000円の支払の経過日数による価値（左：名古屋、右：松山）

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

分析に際して援用したメンタル・アカウンティング理論等の諸理論は、行動経済学や認知心理学等の分野で数十年前に提案されたものであるが、それを交通分野に適用した研究はごく限られているという点で先駆的な研究であると言える。本研究では、さらにそれらを未知パラメータを含む数理モデルとして定式化することで、実データに適合させることができるという点で、交通需要予測等の実務にも直接的に用いることが可能である。加えて、従来 of 交通行動研究では考慮されていない心理的な損得感が利用者満足度に及ぼす影響が大きく、かつそれが参照価格をはじめとする意思決定フレームに大きく依存する等の行動科学的知見は、これまで支払い料金のみに着目してきた交通政策研究、ならびに公共事業の評価に用いられる費用便益分析等、学術および実務面の双方において標準的手法として広く用いられている分析手法の信頼性に大きな疑問を投げかけるものであると同時に、検討すべき政策対象を格段に拡げるものである。

(2) 環境政策への貢献

現況の高速道路の割引サービスの認知度は極めて低く、原資に見合った効果が得られていない、ポイント制度のような心理的なお得感を高める政策やキャッシュバックのように支払と報酬を組み合わせた料金制度のほうが同一原資でも行動変容効果が高い、都市内交通については

一定水準以上の料金割引はあまり効果が期待できない、ガソリン価格の変動は参照価格の変化を誘発し、場合によっては自動車利用を促進してしまう危険性がある、等の知見は交通政策として直接的に活用でき、それにより自動車利用の自粛や公共交通への転換が促進され、環境負荷の効率的削減に大きく貢献しうるものと考えられる。また、自動車利用に対する課徴金の特定財源化は、市民の同意が得られやすい反面、他手段への転換やCO₂排出量の観点からは効果が低い等の知見についても、合意形成をはじめとする政策展開において活用できるであろう。

土木計画系の学会には、行政や交通事業者も多数参加していることから、今後、学会等での発表を通じ成果の広報・普及に努めると共に、引き続き社会実験のような形で実際の効果を検証すべく、行政や交通事業者と積極的に協議を行う予定である。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 前川朝尚、西村賢太、倉内慎也、吉井稔雄：平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会（2011）
「複数回利用を想定した公共交通運賃方式に対する選好意識分析」
- 2) 石村龍則、倉内慎也、縄稚奈緒美、吉井稔雄：平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会（2011）
「高速道路料金の割引制度に対する利用者の認知特性」
- 3) 堀内彩未、倉内慎也、吉井稔雄：平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会（2011）
「公共交通運賃に対する損得感情の基礎的分析」
- 4) 倉内慎也、堀内彩未、佐藤仁美、吉井稔雄：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「公共交通運賃に対するメンタル・アカウンティングの基礎的分析」
- 5) 倉内慎也、佐藤仁美、吉井稔雄：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「支払い・報酬付与のタイミングに着目した公共交通運賃方式に関する基礎的考察」
- 6) 石村龍則、倉内慎也、吉井稔雄：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「心理的コストに着目したカーシェアリングに対する利用意向の分析」

- 7) 薬師神司、倉内慎也、吉井稔雄、縄稚奈緒美：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「高速道路料金に対する利用者の認知特性に関する基礎的分析」
- 8) 薬師神司、倉内慎也、吉井稔雄、縄稚奈緒美：平成24年度土木学会四国支部第18回技術研究発表会（2012）
「高速道路料金の知覚特性と割引制度に関する一考察」
- 9) 青木俊介、倉内慎也、佐藤仁美、吉井稔雄：平成24年度土木学会四国支部第18回技術研究発表会（2012）
「PP調査データに基づく自動車利用課金後の行動変化分析」
- 10) Kurauchi, S., Sato, H., Morikawa, T., Yoshii, T.: The 13th International Conference on Travel Behaviour Research, Toronto, Canada, 2012
“A preliminary analysis on traveler’s mental accounting for transit fare policies”

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) Thaler, R.: Mental accounting and consumer choice, Marketing Science, Vol.4, No3, pp.199-214, 1985.
- 2) Kahneman, D., Tversky, A.: Prospect theory: an analysis of decision under risk, Econometrica, Vol.47, pp.263-291, 1979.
- 3) Ben-Akiva, M., Morikawa, T.: Estimation of switching models from revealed preferences and stated intentions, Transportation Research, Vol.24A, No.6, pp. 485-495, 1990.
- 4) Loewenstein, G., Elster, J. (eds.): Choice over time, Russell Sage Foundation, 1992.

(2) 実証実験による交通行動変化の分析と政策課題の抽出

名古屋大学 環境学研究科

佐藤 仁美

平成22～23年度累計予算額：8,973千円（うち、平成23年度予算額：4,320千円）

予算額は、間接経費を含む。

【要旨】 本研究では、環境負荷の削減を目的とした交通税制ならびに料金政策実施下における行動変化について、精確かつ詳細なデータを取得するために、GPSによる移動軌跡の把握とそのデータを補完するアンケート調査が可能なプローブパーソン端末を利用した社会実験を実施することで、その効果を把握することを目的としている。社会実験は2度実施し、延べ76名のモニターが5種類の経済的政策（特定時間帯に自動車で出発した場合の課金、自動車利用時間に応じた課金、自動車利用時間のキャップ制度、公共交通運賃割引、公共交通運賃の上制限）を仮想的に経験した。実験期間は、1度目が4週間、2度目は8週間であり、実際に政策が実施された時と同じ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の金額を変化させた。得られたデータを用いて、各政策での行動変更や移動回数などを比較したところ、移動のたびに支払う方式よりも一定期間分をまとめて支払う方式の方が、総額が同じ課金額でも自動車利用の削減効果が高いことや、公共交通運賃の割引を実施する場合、自動車利用抑制政策を併せて実施しない限り自動車から公共交通利用への転換はあまり期待できないこと、また公共交通運賃の上制限では、普段から公共交通を利用していない人が新たに自動車から転換するというよりは、普段から利用している人が利用回数を増やすことが多く、料金収入の減少となってしまう可能性が高いなどの知見を得た。さらに、政策実施下での移動回数と個人属性との関係や行動変容について分析した結果、課金政策により自動車利用を減少させる効果を定量的に確認した。また、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、課金により行動を変更しやすいこと、出勤トリップ（通勤目的の移動）では課金効果が薄いこと、休日の方が課金による効果が高いこと等が明らかになった。

【キーワード】 社会実験、プローブパーソン調査、課金、割引、交通行動変容

1. はじめに

交通分野の環境負荷を削減することを目的に行われる政策の1つとして、課金や補助金などの経済的政策があげられる。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に関する研究が多く、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分析した研究^{1),2)}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³⁾、出勤時に公共交通運賃の補助を行った場合の効果を分析したもの⁴⁾などに限られ、かつ、分析に際しては、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一般的に用いられている。ここで、アンケート調査については、回答者の負担が大きくなるといい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。

2. 研究開発目的

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する。社会実験では、精確かつ詳細なデータを取得するためにGPSによる移動軌跡の把握と、そのデータを補完するアンケート調査を、プローブパーソン（Probe Person、以下PP）端末を用いて実施した。政策については、後述するように、アンケート調査では行動意向を把握することが難しい政策や政策の実施方法による相違を把握できるようなものを対象とした。

本サブテーマでは、以下の4つを実施した。

- (1) プローブパーソン端末を用いた社会実験の実施
- (2) 政策の効果に関する分析
- (3) アンケート調査と現実世界との乖離に関する分析
- (4) 都市圏レベルの効果分析に用いる交通行動転換モデルの構築

3. 研究開発方法

- (1) プローブパーソン端末を用いた社会実験の実施

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精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年度（以下、H22調査）と23年度（以下、H23調査）の2度行っており、H22調査は50名のモニターで4週間、H23調査では26名のモニターで8週間実施した（表(2)-1）。

表(2)-1 PP調査の概要

	H22調査	H23調査
期 間	H22.11.22-H22.12.19（4週間）	H23.12.5-H24.2.5（8週間）
モニター数	50名	26名
募集方法	研究室のHPや研究会等のメーリングリストによる募集	H22調査モニターへのメールと研究室のHPでの募集

調査方法は、2度の調査とも同じであり、モニターには、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）を所持して頂くことにより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よう依頼した。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った。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。H22調査では、トリップごとの課金・報酬金額がwebサイトにて確認でき、H23調査では期

間中の合計金額と第1タームと同じ行動をした場合の課金・報酬金額をwebサイトに提示した。また、今回の実験では期間が限られていることから、課金対象の移動を実験期間外に変更することを避けるため、仮想政策は各政策実施開始日の前日に伝えることとした。

実施した仮想政策と実施期間を表(2)-2および表(2)-3に示す。H22調査では、特定時間帯に自動車が出発した場合に1トリップにつき150円または300円が課金される政策（ピークロードプライシングを想定）、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課すことを想定）、公共交通運賃が30%割引される政策の3つを設定した。H23調査では、自動車利用時間に応じた課金の他に、普及が著しいICカードを用いて、携帯電話料金のような柔軟な運賃体系による公共交通利用の促進を意図した公共交通運賃上限制や自動車利用時間のキャップ制といった政策を実施した。

表(2)-2 実施した仮想政策（H22調査）

期 間		実施政策
第1ターム	H22.11/22-11/28（1週間）	通常通り行動
第2ターム	H22.11/29-12/5（1週間）	時間帯に応じた課金（150円、または300円）
第3ターム	H22.12/6-12/12（1週間）	自動車利用時間に応じた課金（10円/分）
第4ターム	H22.12/13-12/19（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

表(2)-3 実施した仮想政策（H23調査）

期 間		実施政策
第1ターム	H23.12/ 5-12/11（1週間）	通常通り行動
第2ターム	H23.12/12-12/25（2週間）	自動車利用時間に応じた課金（2円/分）
第3ターム	H24.1/ 9 - 1/15（1週間）	公共交通運賃上限制 公共交通運賃の合計金額 a 円 基準金額 y 円 $\geq a$ 円の場合：返金なし a 円 $>$ 基準金額 y 円の場合： $y - a$ 円返金
第4ターム	H24.1/16 - 1/22（1週間）	自動車利用時間に応じた課金（2円/分） 公共交通運賃上限制
第5ターム	H24.1/22 - 2/ 5（2週間）	自動車利用時間キャップ制度 自動車利用の基準時間より多く利用した場合には課金（4円/分）、少ない場合には報酬（4円/分）

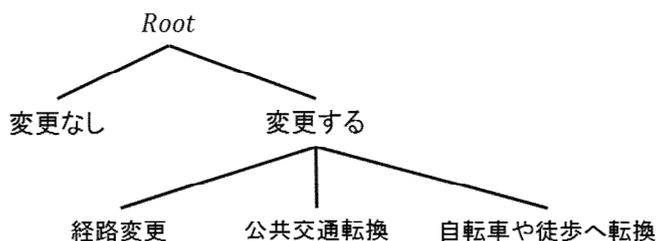
（2）政策の効果に関する分析

社会実験では、仮想政策を実施中の全てのトリップ（出発地から目的地までの移動）について、仮想政策により行動を変更したかどうかを尋ねている。この結果やトリップ数などの集計結果を比較することで、政策間の差異や課金額による差異について考察した。また、H22調査データを用いて、政策効果の平休日での違いや個人差について回帰分析などを用いて分析した。

（3）アンケート調査と現実世界との乖離に関する分析

H22調査では、モニターがその日に行った交通行動から1トリップを抽出し、課金額を変更した場合や公共交通運賃の割引額が異なる場合の交通行動について尋ねたStated Preference(以下、SP)調査を実施している。このデータと仮想政策実施下におけるPP調査データを用いて、アンケート

調査と現実世界との反応の差異について明らかにすることを目的に、双方のデータの比較や、図(2)-1に示す構造をもつNested Logitモデルを用いた行動転換モデルを推定し、結果の比較を行った。



図(2)-1 Nested Logitの構造

(4) 都市圏レベルの効果分析に用いる交通行動転換モデルの構築

サブテーマ (3) において、政策によるCO₂削減効果を算出するために、H22調査データを用いて、交通行動転換モデルを構築した。ここで構築した交通行動転換モデルは、各都市圏で調査が行われているパーソントリップ（以下、PT）調査データを用いて都市圏レベルの分析ができるようにパラメータを精査し、(3)で構築したモデルの再推定を行った。

4. 結果及び考察

(1) プロブパーソン端末を用いた社会実験の実施

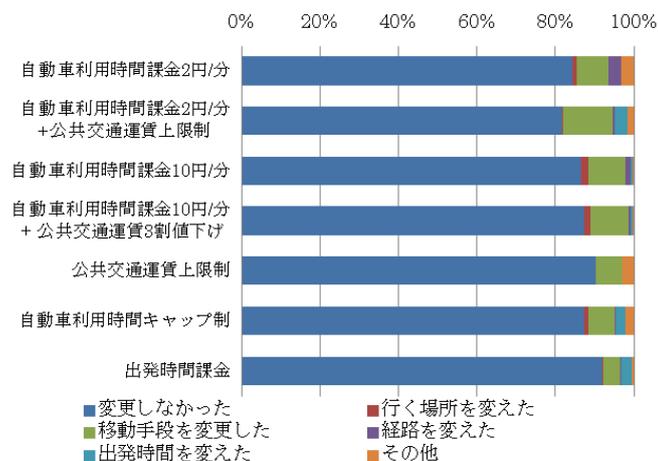
社会実験に参加したモニターの属性を表(2)-4に示す。H22調査とH23調査ともに参加している人が20名いるためか、属性はほぼ同じ傾向にある。まず、性別は男女ほぼ半々であり、年齢については35-49歳が最も多く、20-34歳はH23調査ではH22調査に比べて減少しているものの次に多い。また、高齢者は少なく、比較的若く働き盛りの方が多い。職業については、会社員が6割、次いで専業主婦が2割を占める。年収は、401-600万円未満が最も多く、H23調査とH22調査を比較すると601-800万円の割合がH23調査で多くなっている。

表(2)-4 モニターの属性

	H22調査	H23調査
性別	男性：24名 女性：26名	男性：13名 女性：13名
年齢	20-34歳：21名 35-49歳：22名 50-59歳：6名 60-79歳：1名	20-34歳：7名 36-49歳：13名 50-59歳：5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	会社員(公務員含む)：15名 会社役員・自営業：1名 パート・アルバイト：3名 主婦：6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	200万円未満：2名 200-400万円：6名 401-600万円：9名 601-800万円：5名 801-1000万円：3名 1001万円～：1名

(2) 政策の効果に関する分析

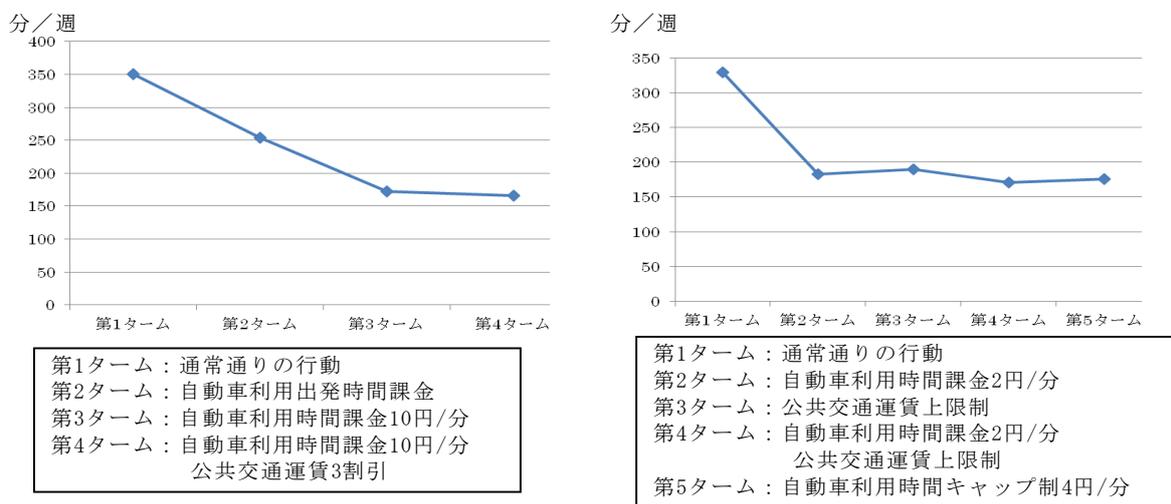
図(2)-2に仮想政策による行動変容についての回答結果を示す。各政策を比較すると、自動車利用時間課金10円/分（図(2)-2上から3番目）よりも自動車利用時間課金2円/分（図(2)-2上から1番目）の方が、自動車利用に対する課金水準が低いにも関わらずより多くの行動変容が生じていることがわかる。この原因の1つとしては、課金額の提示の仕方を変えたためであると考えられる。H22調査はトリップごとに課金額を提示していたが、H23調査は各ターム中の合計金額と、第1ターム（通常通りの行動）と同じ行動をした場合の1ヶ月の課金額を提示している。これにより、H22調査で実施した課金金額10円/分の場合には、1トリップごとの金額では少額のため支払ってもよいと考えて行動を変えない人が多く、逆にH23調査で実施した課金金額2円/分のケースでは、課金の合計金額を認知することで、行動を変える人が増えたものと思われる。このことから、移動ごとの課金よりも一括で支払う方法のほうがより効果的であると言える。また、①自動車利用時間課金2円/分（図(2)-2上から1番目）と②自動車利用時間課金2円/分+公共交通運賃上限制（図(2)-2上から2番目）、③自動車利用時間課金10円/分（図(2)-2上から3番目）と④自動車利用時間課金10円/分+公共交通利用3割引（図(2)-2上から4番目）を比べてみると、③と④ではほとんど違いがみられない。一方で、①と②では行動を変更している人がより多い。このことから、一定期間の利用に対する運賃制度の一つである公共交通運賃上限制と利用ごとに3割引を行う場合を比較すると、公共交通運賃上限制の方が行動変更を行いやすいことがわかる。



図(2)-2 仮想政策による行動変容の内訳

図(2)-3にH22調査とH23調査における各タームで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大きく減少していることがわかる。また、H22調査では、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（第4ターム）で、H23調査では、自動車利用時間課金（2円/分）と公共交通運賃上限制を組み合わせた政策（第4ターム）で最も自動車利用量が少ない。これは、公共交通運賃割引や公共交通運賃上限制により、自動車から公共交通利用への転換が増えたためであるが、自動車利用課金単独で実施した場合との差はそれほど大きくはない。H23調査で実施した自動車利用時間キャップ制については、2番目に自動車利用時間が少ないことがわかる。自動車利用時間キャップ制の基準時間の設定は、我が国の2020年におけるCO₂

削減目標を鑑み、第1タームの自動車利用時間の75%としたが、平均で基準時間よりも18%の削減となった。その内訳としては、25名中5名だけが基準時間を超える自動車利用をしており、中には基準時間よりも1.5倍から2倍も利用している人もいた。一方で、削減している人のみの平均削減率は約50%であることから、自動車利用時間キャップ制は大幅に自動車利用を削減するポテンシャルを秘めていると言えよう。



図(2)-3 一人あたりの自動車利用時間 (左：H22調査、右：H23調査)

次に、自動車利用時間に応じた課金政策の効果を詳細に把握するために、H22調査データを用いて各タームでの1トリップあたりの自動車利用時間を被説明変数として重回帰分析を行った。結果を表(2)-5に示す。まず切片に着目すると、第3ターム（自動車利用時間に応じた課金政策）、第4ターム（自動車利用時間に比例した課金政策+公共交通機関運賃割引）ともに第1ターム（通常行動期間）と比較して小さいことから、1トリップあたりの自動車利用時間は課金によって有意に減少することが分かる。次に、出勤ダミーの推定値から、出勤目的のトリップでは課金による利用時間短縮効果はあまり期待できないと言える。これは、今回の社会実験が各ターム1週間の短期であることに加え、勤務先までの公共交通アクセスの問題や、業務で自動車を必要とする人もいたためであると考えられる。この点については、今後事業所と連携して通勤手当とも連動した、より長期の実験を行うなど、更なる検証が必要である。自動車の保有台数の影響については、その推定値より、保有台数が多い世帯ほど政策の効果が低いと言える。これは、自動車保有台数の多い世帯は、自動車を利用しなければ移動が困難な地域に居住している人が多いため、課金に対する感度が低いものと推測される。

以上のように、課金政策に対する感度は個人差が大きいことから、政策の実施にあたっては、ICカード等の個人認証機能を活用し、個人ごとに課金額を変えたり減免措置を講ずるなど、きめ細かな政策展開が必要であろう。

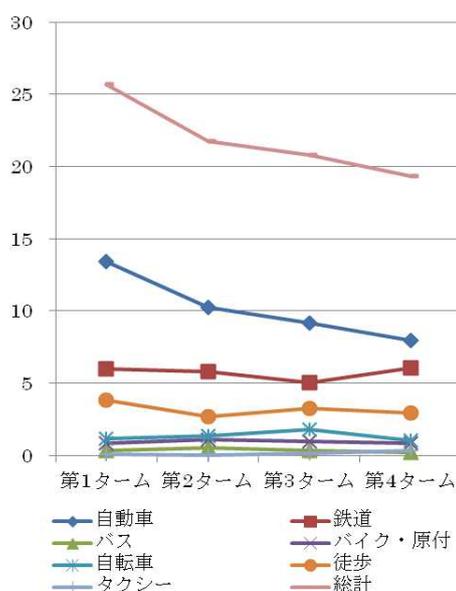
表(2)-5 自動車利用時間に関する回帰分析（H22調査データ）

説明変数	第1ターム		第3ターム		第4ターム	
	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
切片	18.2	4.7**	10.3	3.2**	14.6	2.6**
女性ダミー	-5.56	-3.2**	-4.25	-2.6**	-5.56	-2.7**
出勤ダミー	4.67	1.5	8.56	3.1**	6.08	2.0**
休日ダミー	1.15	0.7	2.37	1.4	2.82	1.4
保有台数	1.95	2.1**	3.87	4.3**	3.30	2.9**
20～50歳未満ダミー	5.76	1.7*	2.21	0.7	1.33	0.2
会社役員・自営業ダミー	-4.50	-0.7	6.28	1.3	0.254	0.0
サンプル数	727		490		423	
重決定係数	0.026		0.089		0.073	

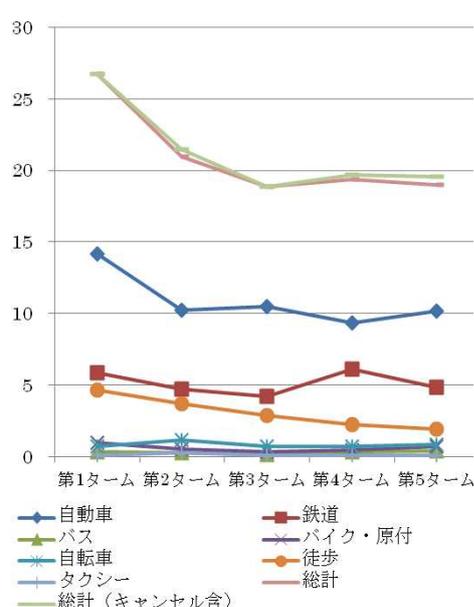
* : 10%有意、** : 5%有意

次にトリップ数の変化を図(2)-4に示す。各年ともに、第1ターム（通常通りの行動）からトリップ数自体が大幅に減少しており、特に自動車を利用するトリップが減少していることがわかる。H22調査の第4ターム（自動車利用時間課金と公共交通運賃割引）やH23調査の第4ターム（自動車利用時間課金と公共交通運賃上限）で公共交通利用が増加していることから、両施策ともに公共交通の利用促進に少なからず効果があるものと思われる。しかしながら、H23調査の第3ターム（公共交通運賃の上制限のみ）では鉄道利用が増加しておらず、ゆえに公共交通の運賃割引が効果を発揮するためには、自動車利用の抑制施策と同時に実施する必要があるものと考えられる。H23調査での公共交通運賃の上制限については、公共交通を利用して通勤している人は通勤にかかる公共交通運賃に500円加算した額とし、公共交通以外で通勤、または通勤していない人については500円/週とした。結果について、上限値と実際に利用した公共交通の運賃総額との関係を個人ごとに調べたところ、通勤で公共交通を利用してしている人は上限値よりも多く利用する傾向にあり、それ以外の人については上限値まで利用する人はあまり多くないことが分かった。つまり、公共

トリップ/週



トリップ/週



図(2)-4 一人あたりのトリップ数の変化（左：H22調査、右：H23調査）

交通運賃の上制限を実施しても、公共交通をあまり利用していない人が新たに利用するようなことは少なく、むしろ普段から利用している人の利用回数が増加するだけであり、公共交通の事業者にとっては収益が悪化してしまう危険性があると言えよう。

H22調査で実施した出発時刻に応じた課金政策の効果を把握するために、自動車利用時の出発時刻に着目し、通常時（第1ターム）からの出発時刻の変更状況を集計した。紙面の都合上、結果については省略するが、平日の夕方および休日において課金時間前後に出発時刻を変更するケースが多いことが確認された。一方、平日の朝の課金時間帯ではその効果が小さいことから、出勤トリップについては時刻変更が困難であると推測される。

次に、当該政策の実施による行動変更要因を統計的に把握するために、行動変更パターンを、「変更なし」、「移動手段の変更」、「出発時間の変更」の3つに分類し、それを被説明変数とした多項ロジットモデルを推定した。その

結果を表(2)-6に示す。所要費用の女性ダミーのパラメータが負であり、所要時間の女性ダミーについては正であることから、女性は移動時間がかかっても費用が安く済む移動手段を選択する傾向があり、男性よりも課金政策によって交通行動を変更しやすいものと考えられる。変更時間の定数項のパラメータは有意ではないものの正に推定された。このことから、全体的には課金を避けて出発時刻

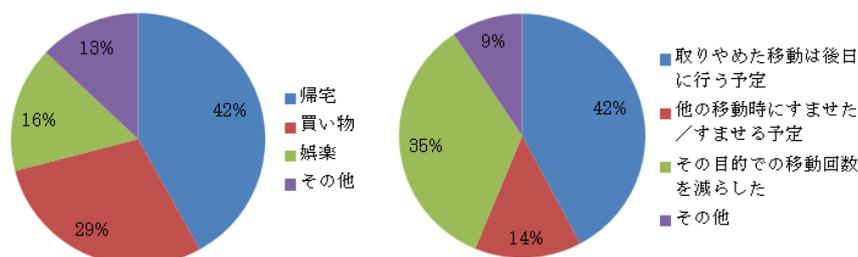
を変更する傾向にあるということが分かる。一方、変更時間の出勤トリップダミーについては有意に負の推定値となっており、出勤時刻の決まっている出勤トリップにおいては出発時刻を変更することを嫌う傾向にあることが統計的に確認された。朝の通勤時間帯は、道路交通渋滞の観点からも環境負荷が大きいため、行動の変更には、フレックスタイム制の導入や通勤手当制度の見直しなど、事業所側における取り組みも必要であるものと考えられる。

H23調査では、自動車利用課金により取りやめたトリップの概要についても尋ねており、取りやめたトリップは一人当たり0.3-0.5トリップ/週と予想に反して少ない結果が得られた。図(2)-4から、政策の実施によりトリップ数が1週間で平均5トリップ程度減少しているため、一度の外出で用事を済ますなど、移動を効率的に行うよう工夫をしていたのかもしれない。図(2)-5は取りやめたトリップの移動目的やその理由について尋ねた結果を集計したものである。45%は買い物や娯楽といった自由目的であり、他の移動時についてに行ったり、移動そのものを取りやめたりすることも多いことが明らかとなった。

表(2)-6 交通行動変更モデルの推定結果

説明変数		推定値	t値
出発時刻変更定数項		-2.15	-4.1**
移動手段変更定数項		-1.94	-5.7**
所要費用(百円)	定数項	-0.0198	-1.2
	女性ダミー	-0.0297	-1.6*
所要時間(時間)	定数項	-0.550	-0.5
	女性ダミー	2.36	1.7**
変更時間(時間)	定数項	0.511	0.6
	出勤トリップダミー	-5.37	-1.8**
サンプル数		118	
自由度修正済みp ² 値		0.260	

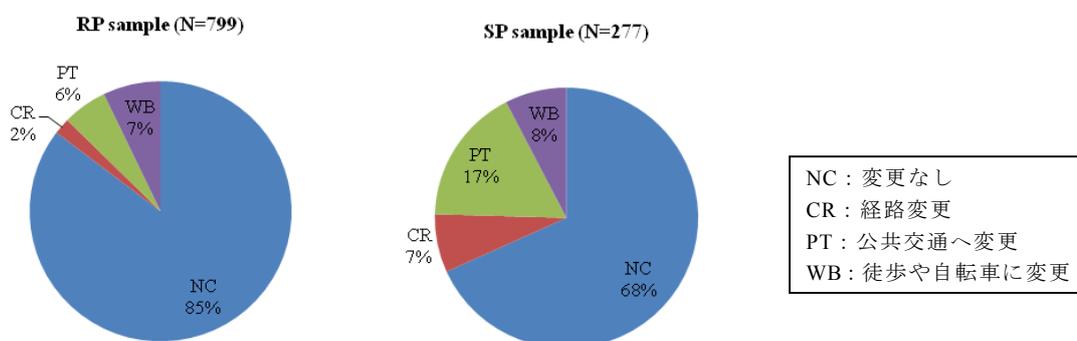
* : 10%有意、** : 5%有意



図(2)-5 取りやめたトリップの移動目的とその理由

(3) アンケート調査と現実世界との乖離に関する分析

アンケート調査における行動変更意向と実際の行動との乖離について分析を行うために、H22調査データを用いて分析を行った。調査方法は、仮想政策を実施していない第1タームに行ったトリップを1日あたり1トリップ抽出し、第2ターム以降に実施する政策が実施された場合の行動変更意向を尋ねている。第2ターム以降についても、同様に1日あたり1トリップ抽出し、課金水準や公共交通運賃の割引率を変えた場合の行動変更意向について尋ねた。さらに、第2ターム以降では、前述のように全てのトリップに対して、政策による行動変容パターンについて尋ねている。前者の回答をSPデータ、後者のデータをRPデータとし、その各々を集計した結果を図(2)-6に示す。SPでは何らかの交通行動の変更を行うとの回答が32%にも及ぶが、実際に行動を変更した割合を示すRPでは15%と少ない。また、SPでは公共交通へ転換するとの回答が17%であったが、実際には6%に留まっている。これは、SPでは、公共交通を利用した場合の運賃やルートなどを正確に把握していないまま回答したため、実際の利用に結びつかなかったことが原因として考えられる。



図(2)-6 行動変更パターン (第3、4ターム) (左: RPデータ、右: SPデータ)

SPデータとRPデータの相違を統計的に明らかにするために、RP/SP融合推定法⁵⁾を用いて、図(2)-1に示したNested Logitの構造を持つ行動転換モデルを構築した。表(2)-7にその推定結果を示す。課金額のパラメータの推定結果から、実際の行動 (RP) のほうがSP調査の回答よりも課金に対する感度が約1.5倍大きいことがわかる。短距離移動ダミー (徒歩や自転車で10分以内のトリップ) を見ると、SPでは有意でないが、RPでは有意に正の値をとっていることから、実際には短距離のトリップで行動を変更することが多いことが分かる。RP-女性ダミーは有意に正であるのに対し、SPでは有意ではないことから、SPとRPにおける行動の乖離は女性ほど大きく、またSPでの回答よ

りも実際には行動を変えていることを示している。定数項の推定結果をみると、変更なしの定数項は双方共に有意に正であり、RPの方が大きいという結果が得られた。これは、SPにおいて変更すると回答したものの、実際には行動を変えることが難しいことを示唆しており、SPでは設問で提示される課金額等の属性にのみ反応してしまい、荷物の多さや同行者の有無などの現実の状況が考慮されないことが多いためであると考えられる。

表(2)-7 SPデータとRPデータを用いたネスティッド・ロジットモデルの推定結果

説明変数		選択肢*	推定値	t 値
ラインホール時間 (h)		NC、 CR、 PT	-4.28	-2.6
アクセス・イグレス時間 (h)		PT、 WB	-3.63	-3.9
コスト (100 JPY)		NC、 CR、 PT	-0.062	-0.5
RP-課金額 (100 JPY)		NC、 CR	-0.545	-2.4
SP-課金額(100 JPY)		NC、 CR	-0.393	-2.1
乗り換え回数		PT	0.264	1.1
駅までの距離 (km)		PT	0.401	3.1
RP-女性ダミー		C	2.5	2.1
SP-女性ダミー		C	1.03	0.6
RP-短距離移動ダミー		C	2.9	2.2
SP-短距離移動ダミー		C	-1.46	-0.6
RP-自動車所有ダミー		NC	1.05	1.3
SP-自動車所有ダミー		NC	-1.68	-0.8
定数項	RP-定数項 (変更なし)	NC	10.5	3.3
	SP-定数項 (変更なし)	NC	8.01	1.9
	RP-定数項 (公共交通)	PT	-0.0745	-0.1
	SP-定数項 (公共交通)	PT	-0.212	-0.4
	RP-定数項 (徒歩・自転車)	WB	1.18	3.2
	SP-定数項 (徒歩・自転車)	WB	0.0199	0.1
Scale parameter	μ_1		0.285	2.8
	μ_2		0.171	1.6
	μ_3		0.986	2.7
Number of samples			1076	
ρ^2			0.571	
Adjusted ρ^2			0.556	

*NC:変更なし、C:変更あり、CR経路変更、PT:公共交通に変更、WB:徒歩や自転車に変更

(4) 都市圏レベルの効果分析に用いる交通行動転換モデルの構築

(3)では、SPとRPデータの相違を明らかにするために行動転換モデルを構築し、推定されたパラメータの比較を行ったが、ここでは、サブテーマ(3)において政策効果を算出するために行動転換モデルを再構築する。(3)との違いは、都市圏レベルでの効果分析を行うために用いるパーソントリップ(以下、PT)調査データで収集されていない変数や有意でない説明変数などを精査している点にある。再構築したモデルの推定結果を表(2)-8に示す。

表(2)-8 都市圏レベルでの政策評価のための行動転換モデル推定結果

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 (100 JPY)	-0.0572	-0.4
課金額 (100 JPY)	-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	
ρ^2	0.556	
Adjusted ρ^2	0.547	

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

交通料金政策の実施下において、実際の交通行動を長期に渡って詳細に観測した事例はほとんどないため、今回の社会実験で収集した行動データは極めて学術的意義の高い有益なデータである。運輸部門におけるCO₂排出量に決定的な影響を及ぼす自動車利用時間の削減効果を、その信頼性の高いPP調査システムを用いて定量的に把握したこと、また、トリップごとの課金ではなく一定期間の利用に対する課金のほうが効果が大きいとの知見や、行動変更意向と実際の行動変化との間には大きな乖離があることなど、本研究により得られた多くの行動科学的知見は、政策研究や政策展開の観点からも極めて有意義であるものと考えられる。

(2) 環境政策への貢献

本研究の結果から、課金や割引の金額が同一でも、実施手法や居住地域、個人属性等によって効果が異なることが明らかになっており、これらの知見は環境政策の実施方法を検討する際に直接的に活用可能である。今後は、学会等での発表を通じ、成果の広報・普及に努める予定である。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり) >

特に記載すべき事項はない

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

（２）口頭発表（学会等）

- 1) 荒木正登、佐藤仁美、倉内慎也：第44回土木計画学研究発表会（2011）
「料金施策による交通行動変化に関する分析」
- 2) 佐藤仁美、倉内慎也、薄井智貴：第45回土木計画学研究発表会（2012）
「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」
- 3) Sato, H., Kurauchi, S., Usui, T.: The 13th International Conference on Travel Behaviour Research, Toronto, Canada, 2012
“Study on travel behavior changes on economic incentives using social experiment data”

（３）出願特許

特に記載すべき事項はない

（４）シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

（５）マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

（６）その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 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) Ben-Akiva, M. and Morikawa, T.: Estimation of switching models from revealed preferences and stated intentions, *Transportation Research*, Vol.24A, No.6, pp. 485-495, 1990.

(3) 都市圏レベルでのCO₂削減効果算出システムの開発と効果の都市間比較

東京大学 空間情報科学研究センター

薄井 智貴

平成22～23年度累計予算額：2,985千円（うち、平成23年度予算額：992千円）

予算額は、間接経費を含む。

【要旨】 運輸部門における環境政策の一つとして期待されている環境税等の導入に伴い、人々がどのように行動を変更し、結果として環境負荷の削減にどの程度影響を及ぼすのかについて定量的に評価するため、個々人の交通行動を時間軸に沿ってシミュレートした上でCO₂排出量を算出するシステムを開発し、さらにサブテーマ(2)で構築した交通行動転換モデルを組み込み、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た。ここでは、主に環境税の導入と公共交通運賃の割引を実施した際の環境面（CO₂排出量）と経済面（事業収支）の持続可能性を評価し、結果の都市間比較も併せて行った。

その結果、環境税を想定し自動車利用量に応じた課金を実施した場合、どの都市圏においても行動変更をしない人が約6～8割程度を占めるものの、課金水準が高くなるに従ってCO₂排出量は比例的に減少し、環境面においては一定の効果があることが確認された。行動変更形態については、自動車から徒歩や自転車への転換が最も多く、次いで自動車の経路変更の順であるが、公共交通に関しては、鉄道運賃を半額にした場合でもCO₂排出量にはそれほど変化がない、つまり、自動車利用者の鉄道への転換はごく僅かであることが判明した。また、経済的持続可能性の観点から、環境税による自動車利用からの課徴金を公共交通運賃の割引に充当する政策を対象に収益分析を行った結果、現状においても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利用に対する課税額が2円/分程度であれば、1割程度の鉄道の割引が実施可能であるなど、事業として十分実現可能で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、市民のモビリティを著しく悪化させてしまう恐れがあるため、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。

【キーワード】 CO₂排出量、人の流れ、交通行動モデル、パーソントリップ調査データ、環境税

1. はじめに

運輸部門におけるCO₂排出量は全体の約20%を占めており、都市圏内における移動体の環境負荷低減が喫緊の課題となっている。それに伴い、運輸部門のCO₂排出量の削減可能性について、土木計画学・交通工学分野を中心に様々な研究や一部地域での実証実験等が実施されてはいるものの、前提となる排出量算出手法、とりわけ政策実施に伴う排出量変化の予測手法が確立されておらず、また政策実施にかかる費用対効果などの経済的評価については知見がほとんどないのが実情である。このうち、都市圏レベルでのCO₂排出量の変化を予測する手法としては、ガソリン価格と自動

車総走行台キロ等との関係をモデル化した上で排出量を予測するような集計アプローチがしばしば用いられるが、検討することのできる政策がごく限られる上、地区や個人属性ごとのモビリティの変化を評価することができない。また、近年では、交通シミュレータ等を用いて個々の移動体の行動変化を考慮した推計手法も実施されているが、計算コストが高いことに加え、組み込まれている行動モデルは極めてシンプルであり、本研究課題で対象とするような経済的政策の差異を評価することはできない。加えて、政策効果を複数都市で比較する場合、都市圏毎に交通サービスレベル（LOS）データの整備やパラメータ等の設定・調整が必要となるため、これまで同一モデルによる都市間比較がなされた事例はほぼ皆無である。また、既存手法の多くはパーソントリップ（PT）データや道路交通センサスのような過去の1日の静的情報から行動モデルを構築しシミュレートした結果であり、プローブパーソン（PP）データのような長期かつ動的な情報を加味した行動モデルを組み込んだ事例はほとんどない。

2. 研究開発目的

本サブテーマでは、多様な経済的政策の実施効果を都市圏レベルで評価可能なCO₂排出量算出システムを構築した上で、交通サービス水準の異なる3都市（東京、名古屋、松山）を対象に政策効果をシミュレートし、交通需要の変化と共に、環境面（CO₂排出量）ならびに経済面（経済的政策の費用対効果など）での持続可能性を評価することを目的とする。ここで、CO₂排出量算出システムの構築にあたっては、経済的政策に対する反応行動は個人間で大きく異なること、政策展開においては、モビリティの変化を究極的には個人単位で評価することが望ましいこと、PPデータのような長期かつ動的な情報を、可能な限り情報損失がないような形でシステムに組み込むことを志向し、個人ごとの交通行動ならびにCO₂排出量が時間軸上でシミュレートできるシステムの開発を目指す。また、個々人の反応行動の記述については、サブテーマ(2)で構築した行動モデルを組み込むことで、多様な経済的政策の評価が可能となり、また社会実験時の実行動データに基づく信頼性の高い分析が期待できる。

以上の目的意識のもと、本サブテーマでは、以下の手順で研究開発を行った。

- (1) 都市圏レベルでの CO₂排出量算出システムの開発と可視化
- (2) 社会実験データに基づく交通手段転換モデルの CO₂排出量算出システムへの統合
- (3) 中京、松山、東京の3都市圏における政策実施効果のシミュレーションと都市間比較

3. 研究開発方法

- (1) 都市圏レベルでの CO₂排出量算出システムの開発と可視化

本研究では、東京大学空間情報科学研究センターで整備している「人の流れデータ」を活用し、都市圏毎のCO₂排出量を計算するシステムを開発する。前述のように、環境負荷の推計は、集計モデル等を用いて地方や県、行政区単位にて行うことが多いが、個々人の行動による環境負荷を評価するにはよりミクロな単位でシステムを構築する必要がある。また、大規模個人行動データであるPT調査データを用いたシステムでは、個々人の行動の起終点情報を用いて積算がなされているものの、詳細な移動経路や時間軸上での移動軌跡は考慮されていない。言うまでもなく、CO₂排出量は経路長や混雑状況に大きく依存するため、それらを明示的に考慮するにはシミュレータ等の複雑な計算システムを用いて算出する必要があり、特定時間帯における排出量の計算でさえ

も多くの時間を要する。一方、「人の流れデータ」は、PT調査データに記載されているトリップの起終点ならびに経由点情報から最短経路探索により経路を推定し、その経路間を1分間毎に時空間内挿（補間）した点列データであり、個々人のある一時点での位置を、プログラムを用いてインターネット上から比較的容易に取得ができる。得られたデータは、メッシュや道路リンク単位に集計が可能となるため、より局所的なCO₂排出量の推計が可能となる。本研究においては、中京都市圏の人の流れデータを本研究用に再整備するとともに、整備したデータにおける個々のCO₂発生行動に対して排出量原単位を乗じることで個人の交通行動におけるCO₂排出量を推計することとした。

同様の手法を東京都市圏のデータにも適用し、まず2都市において現況のCO₂排出量の比較を行った。推計対象とした都市は、愛知県と東京都で、4次メッシュのデータを1分毎に集計し、都市圏内のCO₂排出量の分布の算出、および可視化を行った。本システムにおいては、パラメータを若干修正し計算を実施することによって、多種多様なパターンの推計が可能となっている。

本システムで用いたCO₂排出原単位は、松橋ら¹⁾と同様の排出係数であり、実際に利用した交通手段別の排出原単位を表(3)-1に示す。今回、松橋らの原単位を利用した理由は3つある。本研究で用いる人の流れデータと年度が近い点、原単位の交通手段分類項目がPT調査データとほぼ同様である点、および1人1kmあたりの排出原単位である点である。これによりPT調査データを計算の過程において損失することなく計算に反映させることが可能となる。ただし、人の流れデータには船舶および航空機による移動はデータに反映されていないため、本研究においては船舶および航空機による排出量は考慮に入っていない。さらにPT調査データをベースとしているため、物流交通に関する排出量は加味されていない点に注意が必要である。

表(3)-1 利用した交通手段別CO₂排出原単位

交通手段	CO ₂ 排出原単位 [g-CO ₂ /人km]
原動付き自転車	31
自動二輪	92
タクシー・ハイヤー	396
軽乗用車	190
乗用車	190
貨物車	111
自家用バス	50
バス	58
鉄道・地下鉄	19

(2) 社会実験データに基づく交通手段転換モデルのCO₂排出量算出システムへの統合

1) 交通手段転換モデルの組み込みとシステム概要

サブテーマ(2)で構築した社会実験の結果に基づく交通手段転換モデルを、前節で開発したシステムに組み込んだ。開発したシステムでは、人々の一日の交通行動を調査したPT調査データをもとに、中京、東京、松山の3都市圏をフィールドとして、まず調査当時の普段の行動におけるCO₂排出量を求め可視化を行う。次に、環境税の導入や鉄道運賃割引等の経済的政策による人々の行動変化を、交通手段転換モデルを逐次適用することで連続時間軸上での行動軌跡を生成し、その結果を用いてCO₂排出量の変化量を算出するものである。その後、経済的政策により物理的な移動費用が発生するトリップを抽出し、それを集計することで各政策の経済的持続可能性、すなわち財務面での収益分析を行うシステムとした。

2) 3都市圏における交通サービスレベル (LOS) データの整備

各都市圏の分析対象範囲内の人々の交通行動を、行動モデルを用いて再現するためには、その

人々の個別の交通サービスレベルをシミュレーションの初期データとして準備しなければならない（例えば、自宅から目的地までの自動車での所要時間やコスト、鉄道を使った場合の所要時間やコスト、起終点の最寄り駅までの距離、鉄道乗り換え回数など）。

本研究においては、パーソントリップ（PT）調査データをサンプルデータとして用い、拡大係数により全数に拡大して都市圏範囲内における交通行動をシミュレートするため、各サンプルに対して交通サービスレベル（LOS）データの整備を行った。

表(3)-2に分析対象とした3都市圏の分析範囲とPT調査データのサンプル数を示す。今回の分析では、自動車利用に対する課金と公共交通運賃の割引を主に取り上げることとし、自家用車トリップ（乗用車＋軽乗用車）および鉄道トリップのみを抽出することで計算時間の短縮を図った。

表(3)-2を見ると、中京都市圏では自動車トリップが鉄道トリップの2倍程度あり、鉄道が発展しつつも自動車依存度が高い点が特徴となっている。また、松山都市圏に関しては、自動車トリップが鉄道の10倍程度あり、市民の大多数は自動車による移動を前提としている様子が伺える。一方で東京都市圏では、鉄道交通が自動車交通の10倍近い値を示しており、公共交通分担率が極めて高い地域であると言える。

表(3)-2 分析対象地域とサンプル数

対象都市圏	分析対象範囲	作成したLOSデータ（サンプル数）	
		自動車トリップ	鉄道トリップ
中京都市圏	栄駅中心20km四方	83,392	40,809
松山都市圏	松山駅中心10km四方	18,132	1,463
東京都市圏	東京駅中心25km四方	36,049	229,126

次にLOSデータの整備方法について述べる。今回整備するLOSデータの項目と各項目の算出時間は表(3)-3の通りである。まず、自動車の経路距離は、最短経路問題を効率的に解くためのグラフ理論アルゴリズムであるDijkstra法を用いて道路ネットワーク上で最短経路探索を行い、トリップ起終点間の経路と距離を求めている。自動車の所要時間に関しては、今回は自動車の走行速度を30km/hと仮定して算出している。また鉄道に関するLOSデータは、トリップ起終点から一番近い駅を最寄り駅として独自に整備した鉄道データベースを用いて検索し、道路ネットワークを用いて、起終点から駅までの距離を算出している。鉄道料金と鉄道乗り換え回数に関しては、株式会社ヴァル研究所の「駅すばあと」サービスを利用し、最寄り駅間の鉄道経路探索を行った結果を用いている。

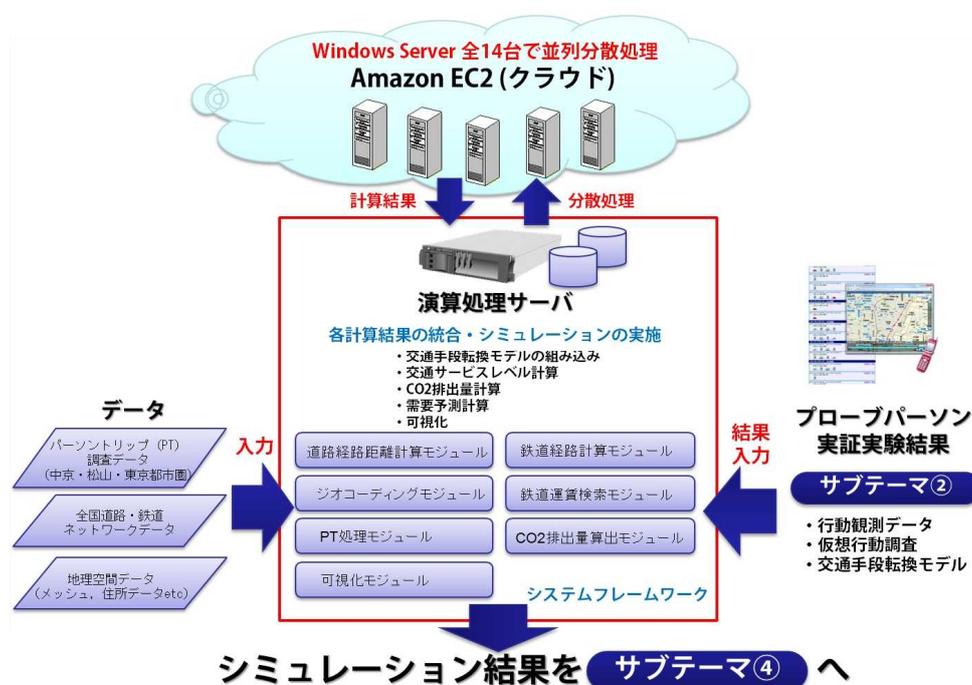
表(3)-3 整備した交通サービスレベルの項目

分類	整備項目	平均算出時間
自動車に関するLOS	自動車の経路距離	13.51 [sec/trip]
	自動車の所要時間	
鉄道に関するLOS	最寄り駅までの距離（アクセス・イグレス）	14.08 [sec/trip]
	最寄り駅名（アクセス・イグレス）	
	鉄道料金 鉄道乗り換え回数	0.67 [sec/trip]

以上の算出方法を用い、各整備項目に関して表(3)-2の3都市圏分の自動車・鉄道の全トリップ数合計408,971に対して計算を行った。表(3)-3の平均計算時間から本LOSデータ作成時間を計算すると、おおよそ134日かかることになるが、本研究では、計算時間の短縮のため、Amazon Elastic Compute Cloud(Amazon EC2)サービスを導入しており、サーバ14台の並列処理実現により、実質9日程度で処理が完了している。利用したAmazon EC2仮想マシンは、2ECU（仮想CPU）×2、1.7GBメモリ、350GBHDDのStandard Mediumタイプのもので、比較的低クラスのもの14台に処理を分散させた。

(3) 中京、松山、東京の3都市圏における政策実施効果のシミュレーションと都市間比較

サブテーマ（2）で構築した交通手段転換モデルをシミュレーションシステムに組み込み、整備したLOSデータを入力値として、CO2排出量の算出および経済的評価を行う。図(3)-1に今回のシミュレーションシステムのフレームワークを示す。



図(3)-1 構築したシステムフレームワーク

中央に位置する演算処理サーバでLOSデータの作成、シミュレーション、データベースのすべてを担っており、計算量の多い処理に関しては、クラウドサービス上で分散処理を行っている。利用したデータは、中京、松山、東京の3都市圏のPT調査データ、人の流れデータ、デジタル道路ネットワーク（(財)日本デジタル道路地図協会提供）、全国鉄道ネットワーク（(財)日本デジタル道路地図協会提供のデータを独自加工）、メッシュ地図、デジタル地図データ（(株)パスコ提供）で、これらのデータをベース情報として用いている。演算処理サーバ内では、様々なプログラムがモジュール化され動いており、計算項目に応じてそれらのモジュールを組み替え、計算を行う。これらシミュレーション結果は、GISやグラフ等を用いて可視化し、結果について考察するとともに、結果をサブテーマ(4)に提供し、総合評価の検討資料とした。

本研究では、社会実験データから得られたモデルを組み込んで環境面と経済面からの評価ならびに都市間比較を行うため、下記の仮定のもとでシミュレーションを行っている。

【本シミュレーションにおける仮定】

- ❖ 各都市圏の中心部（10～25km 四方）を分析対象とする
- ❖ 自動車及び鉄道が代表交通手段のトリップのみ抽出する
- ❖ ガソリン価格は、140 円/L とする
- ❖ 自動車の燃費は、10km/L とする
- ❖ 歩行者の速度は、時速 4km/h とする
- ❖ 自動車の CO₂ 排出原単位は、190 [g-CO₂/人・km] とする
- ❖ 鉄道運賃は、すべて実費精算されたものとする（定期券は利用しない）
- ❖ 経路変更トリップは、走行距離が一律 11.8%減少する

まず、シミュレーションの対象都市圏の範囲は図(3)-2に示す通りで、各対象範囲内に起終点どちらかが存在する自動車及び鉄道のトリップを抽出した。ここで、この範囲における通過交通（起終点が範囲内になく、横切るような交通）は分析の対象としていない点に注意されたい。ガソリン価格は中京都市圏のおおよその平均価格である140円/L、自動車の燃費については10km/L、歩行者の移動速度は4km/hとした。また、自動車のCO₂排出量原単位は、松橋ら¹⁾の論文から得た190[g-CO₂/人km]を設定した。一方、手段転換モデルによるシミュレーションを行う際、「経路を変更する」トリップのCO₂排出量を算出する必要がある。本研究では、サブテーマ(2)で実施した社会実験の行動ログデータから実際に経路変更した際のトリップ距離を比較し、平均11.8%走行距離が減少していることから、この値を経路変更の場合の走行距離削減率とした。

以上の仮定のもと、環境税の導入および鉄道運賃の割引を行った際の環境負荷低減効果ならびに経済性評価のシミュレーションを行った。



図(3)-2 シミュレーション対象範囲（左から：中京都市圏、松山都市圏、東京都市圏）

※地図データ出典：Googleマップ

4. 結果及び考察

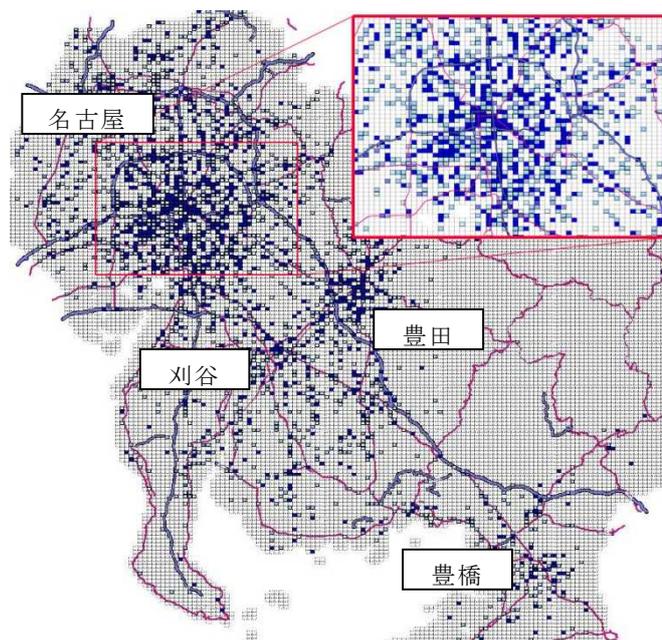
表(3)-4に人の流れデータを用いた中京都市圏と東京都市圏のCO₂排出量の推定結果を示す。表内の1時点あたりの総CO₂排出量とは、その時点、例えば9時に4次メッシュ（500mメッシュ）内にいる1人あたりの交通手段別排出量をメッシュ毎に積算したもので、9時の時点における地域内の交

通行者の総CO₂排出量を示している。次に、1メッシュあたりの排出量とはその1人あたりの平均を、自動車交通分担率はその時点に交通行動中（移動中）の人の自動車交通手段分担率を示している。

まず、地域別の総排出量を見ると、どの時間帯においても愛知県が多くなっているが、1メッシュあたりのCO₂排出量は東京都に比べ半分以下であることから、県面積の広さがその原因と推測される。ただし、軽自動車と乗用車の自動車交通の割合が60%以上と非常に高い値となっており、自動車分担率が高い愛知県の特徴が示唆されている一方で、CO₂排出量の高さが自動車交通に起因していることが分かる。他方、東京都においては、自動車分担率は低いものの1メッシュあたりの排出量が高いことから、鉄道やバス等も含めた全体の交通量の多さがCO₂排出量の原因となっていることが示されている。

次に時間帯別に見ると、どの都市圏も朝夕の混雑時に比べ、昼間は4～6割少ないことが伺え、朝夕の通勤/帰宅時のCO₂排出量、つまりは朝夕の交通行動の変更がCO₂削減の鍵を担っていると言えよう。

さらに、図(3)-3にこれらの結果をGIS上に可視化した例を示す。愛知県に関しては名古屋駅から栄地区にかけて、また自動車通勤の多い豊田市、刈谷市、知立市などの排出量も多くなっており、幹線道路上も同様に高い値を示している。これは排出原単位の高い自動車交通に起因している可能性が高いことを示している。



図(3)-3 愛知県の午前9時のCO₂排出量を4次メッシュで集計した結果

表(3)-4 CO₂排出量推計結果の比較（東京都、愛知県）

対象都市	1時点あたりの総CO ₂ 排出量 [t-CO ₂]			1メッシュあたりのCO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /4次メッシュ]			自動車交通の分担率 [%]		
	9時	12時	18時	9時	12時	18時	9時	12時	18時
東京都	32.89	19.23	40.87	4.29	2.51	5.33	17.9%	33.4%	25.0%
愛知県	33.57	21.65	48.69	1.65	1.06	2.39	62.2%	67.8%	70.7%

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。

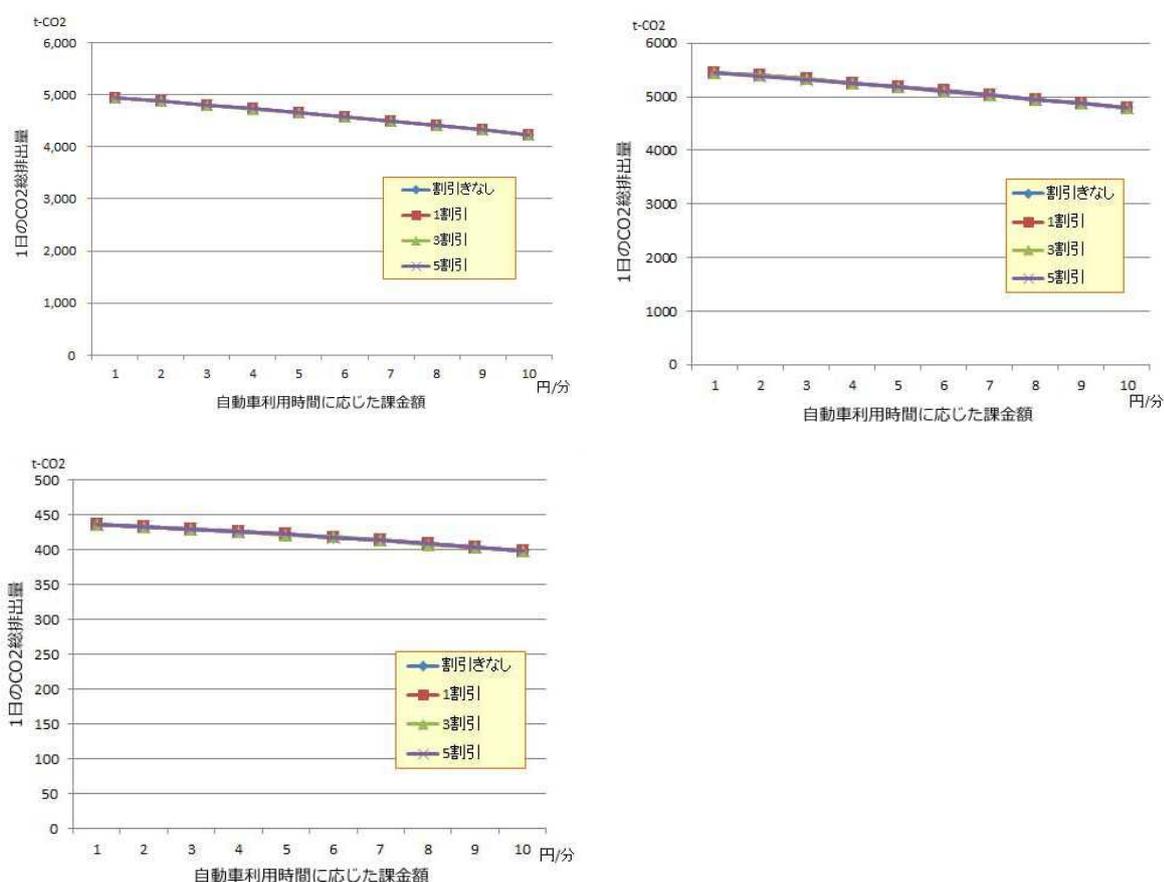
【仮想政策(1)】 環境税の導入（自動車利用1分毎に1～10円の課金を行う）

【仮想政策(2)】 仮想政策(1)に加え、鉄道運賃の割引を行う

なお、本研究においては、環境税の用途として、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。

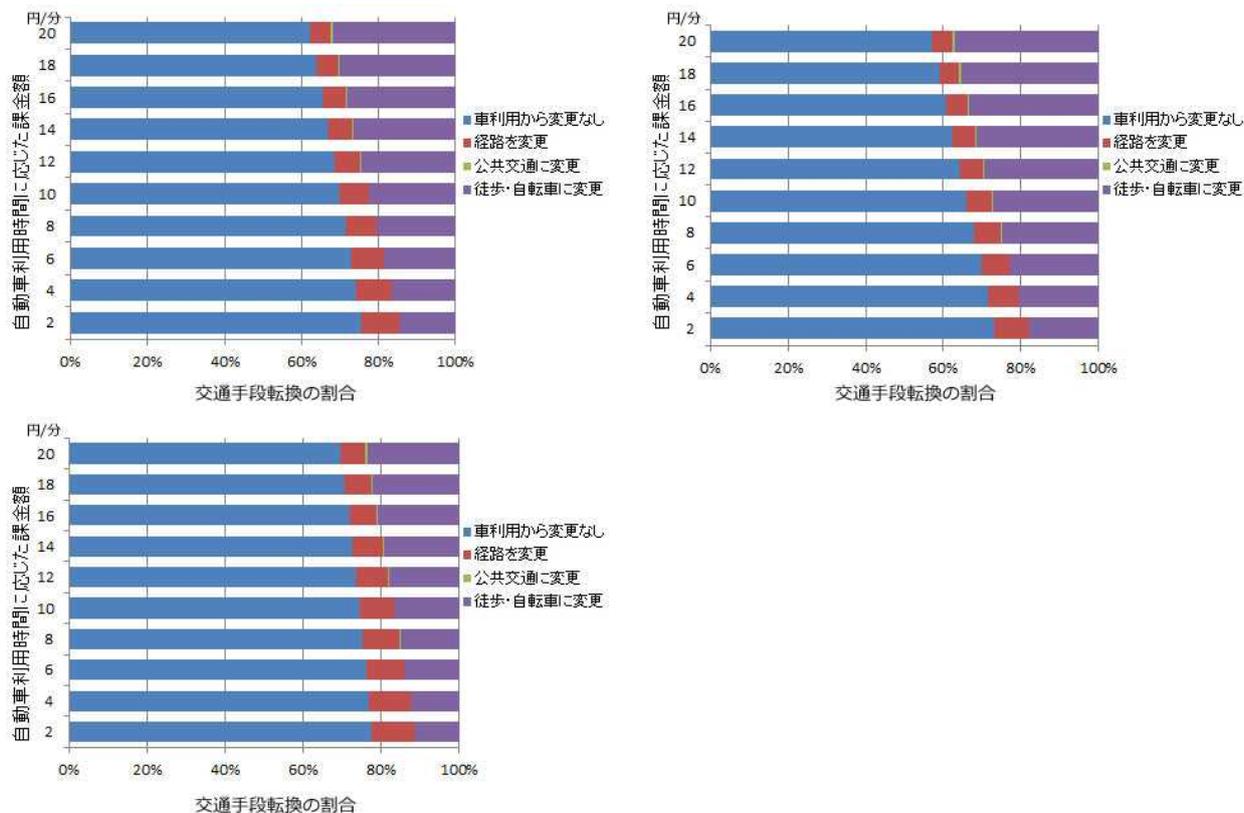
まず、図(3)-4に環境面における3都市圏の分析結果を示す。横軸が自動車利用時間に応じた課金額となっているが、これは自動車を1分利用した場合に一定額の課金を行うものであり、環境税の導入による自動車利用の抑制を想定している。図を見ると、どの都市圏においても自動車利用時間に応じた課金額が増えるに従ってCO₂排出量が比例的に減少していることがわかり、環境面においては一定の効果が窺える。一方で、同グラフ上には、鉄道運賃の割引によるCO₂排出量の変化についても示しているが、折れ線グラフがほぼ重なっており、鉄道の運賃割引を実施してもCO₂排出量に変化がないことが分かる。つまり、鉄道運賃の割引を実施したとしても、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(3)-4 課税および鉄道割引率によるCO₂排出量の変化
(左上：中京都市圏、右上：東京都市圏、左下：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(3)-5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転換となっており、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。

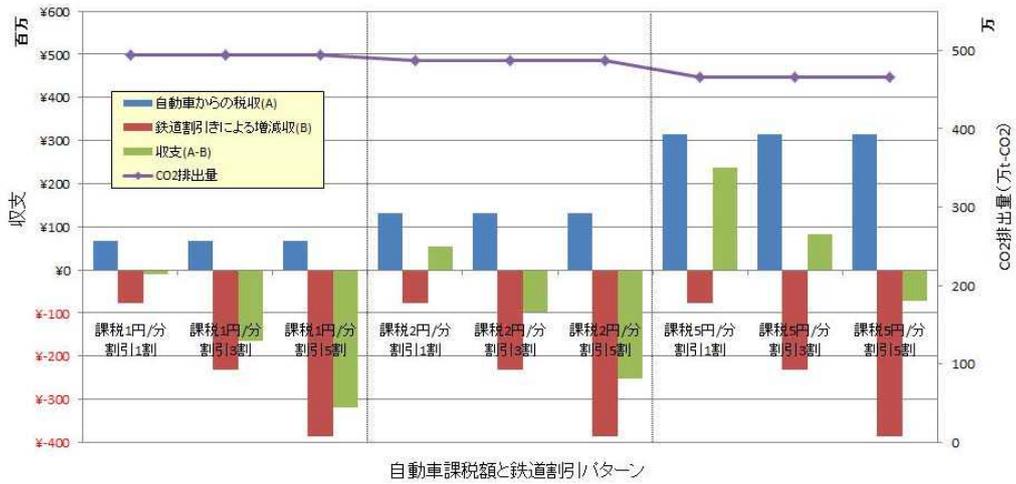


図(3)-5 自動車利用時間に応じた課税額における交通手段転換の割合
(左上：中京都市圏、右上：東京都市圏、左下：松山都市圏)

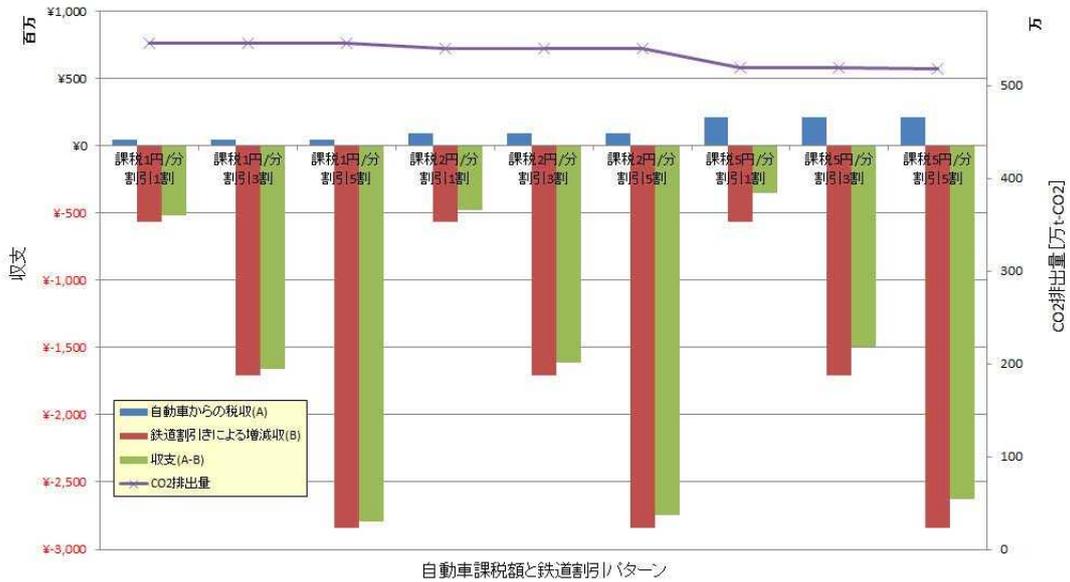
次に、経済面から評価を行う。図(3)-6に、都市圏別の政策導入に伴う収支変化を示す。図は、自動車課税（1円、2円、5円）×鉄道割引（1割、3割、5割）の全9パターンについて、①自動車からの総課税額、②鉄道割引による増減収、③収支、を縦の棒グラフで示しており、参考までに折れ線グラフにて、④政策実施時のCO₂総排出量も掲載している。このとき、①自動車からの総課税額は、PTデータの自動車トリップの利用時間に課金したもから積算しており、②鉄道割引による増減収においては、同じく全鉄道トリップの運賃収入から割引料金分を引いた総額となっている。③は、①と②の差分であり、本政策を行った場合の事業者収入の増減を表している。

まず、図(3)-6(a)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。

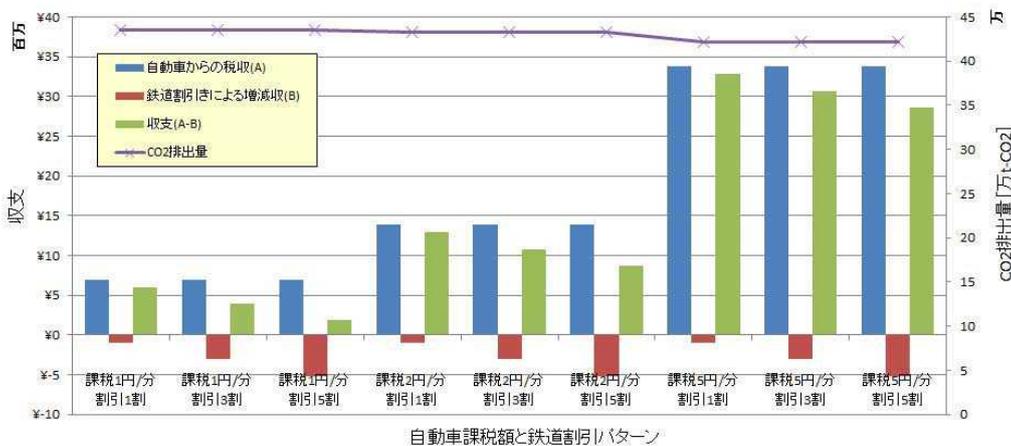
次に、図(3)-6(b)に示す東京都市圏を見ると、鉄道割引の影響が顕著に表れており、自動車の課税額を上げて、収支が常にマイナスになってしまうことが分かる。これは東京都市圏では、鉄道の分担率が極めて高くその利用者数も非常に多いため、現状の利用者への割引に原資が多く費



図(3)-6(a) 中京都市圏の政策導入におけるCO₂排出量の変化と収支の増減



図(3)-6(b) 東京都市圏の政策導入におけるCO₂排出量の変化と収支の増減



図(3)-6(c) 松山都市圏の政策導入におけるCO₂排出量の変化と収支の増減

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(3)-6(c)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。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究で構築した都市圏レベルでのCO₂削減効果算出システムは、交通需要の最小単位である個々人の交通行動に基づくものであることに加え、様々なデータソースの融合が可能なプラットフォームを有する汎用性の高いシステムである。ゆえに、現在急速に普及しつつあるスマートフォンのGPSデータ等も直接的に活用でき、また今後それらデータを蓄積・融合することで、より精緻な効果算出ができるものと期待される。

(2) 環境政策への貢献

社会実験に基づいて構築した行動モデルをサブモデルとして組み込むと共に、同一システムにより複数都市における政策実施効果をシミュレートした事例はごく限られている。そのような信頼性の高い手法により得られた政策的知見、特に交通サービスレベルが異なる3都市圏のうち、環境税と公共交通運賃割引のパッケージ政策を導入できるのは中京都市圏のみであるとの知見は、今後の政策検討において非常に示唆に富む結果であると考えられる。

今後は、より多様な政策の効果分析や精度向上に従事するとともに、それらの結果と併せて論文や学会発表、機関誌などにおいて、成果の広報・普及に努める予定である。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) Watanabe, A., Nakamura, T., Sekimoto, Y., Usui, T., Shibasaki, R.: The 32nd Asian Conference

on Remote Sensing (ACRS), CD-ROM, (2011)

“A study on automatic kernel bandwidth selector for questionnaire-based statistics –using JICA person trip data in various developing cities-”

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 薄井智貴，中村敏和，金杉洋，関本義秀，柴崎亮介：第19回地理情報システム学会学術研究発表大会（2010）
「Mixed Map Matching手法を用いたGPSデータクリーニングサービス」
- 2) 薄井智貴、金杉洋、関本義秀：第43回土木計画学研究発表会（2011）
「人の流れデータを活用した交通行動におけるCO₂排出量の推定と都市間比較」
- 3) 薄井智貴、金杉洋、関本義秀：第20回地理情報システム学会学術研究発表大会（2011）
「空間情報を用いた全国バスネットワーク整備に関する研究」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) 松橋啓介，駆動祐揮，上岡直見，森口祐一：市区町村の運輸部門CO₂排出量の推計手法に関する比較研究，環境システム研究論文集，Vol.32，pp.235-242，2004.

(4) 政策実施下における公平性の分析と低炭素社会実現に向けた政策展開の検討

愛媛大学 理工学研究科

倉内 慎也

平成22～23年度累計予算額：3,868千円（うち、平成23年度予算額：2,308千円）

予算額は、間接経費を含む。

【要旨】 本研究課題では、低炭素社会の実現に向けた交通政策のうち、即効性があり、かつICカードやETCを用いることによって利用者ニーズや地域固有の交通問題への対応が可能な経済的政策を対象としている。しかし、経済的政策は、市民一人ひとりの生活や経済活動に直接的かつ大きな影響を与えるため、その実施にあたっては合意形成が重要な課題となる。そこで、本サブテーマでは、まず経済的政策に対する移動主体の受容意識に着目し、政策や個人によって受容性がどのように変化するかを分析した。具体的には、サブテーマ(1)および(2)で実施した室内実験ならびに社会実験において、各政策に対する受容意識を尋ねると共に、その影響要因を共分散構造分析により検証した。その結果、公平感やCO₂削減効果が期待される政策ほど受容性が高いこと、仮に政策実施に伴う物理的な負担額が不変あるいは軽減されるような政策でも、一部の人に心理的な損得感や不公平感が芽生え、受容性が低下すること等の知見を得た。次に、これまでの分析結果を俯瞰し、経済的政策を、環境（CO₂排出量）・経済（事業収支や費用対効果）・社会（受容性や公平性）の3側面における持続可能性の観点から総合的に評価した。その結果、低炭素型社会の実現には環境税が効率的ではあるが、その用途によって受容性が大きく異なること、また、環境税収入を公共交通運賃の割引に充当するような政策は、中京都市圏では大きな効果が期待される一方、東京都市圏では事業収支の観点から実施不可能であり、松山都市圏のような地方都市では受容性に問題が生じるなど、都市圏ごとに政策展開を変える必要があることが判明した。加えて、費用対効果の観点から、経済政策としては個別のトリップに対して課金や割引を実施するよりも、定額制やポイント制度のように一定期間の利用に対して課金や報酬を付与する方式のほうが行動変容効果が大きいことが明らかとなった。ただし、定額制やキャップ制の導入に際しては、心理的な損得感から受容性が低下する恐れがあるため、その設定根拠や社会的効果を丁寧に説明するなどのコミュニケーションが政策展開において不可欠である。

【キーワード】 交通料金政策、ガソリン税制、持続可能性、受容意識、共分散構造分析

1. はじめに

本研究課題では、低炭素社会の実現に向けた交通政策のうち、課税や料金政策などの経済的政策に着目して、その効果と実現可能性を検討することを目的としている。経済的政策は、インフラ整備のように長い年月や大規模な財源を必要とせず、即効性があり、また、ETCや公共交通ICカードを活用することによって個人の行動形態や地域ごとの交通サービス水準に柔軟に対応できるという点で非常に大きなポテンシャルを秘めている。しかしながら、経済的政策は、市民一人

ひとりの生活や経済活動に大きな影響を与えるため、その実施にあたっては合意形成が極めて重要な課題となる。実際、我が国においても、道路交通渋滞の激しい都心部に流入する自動車に対して課金を行うロードプライシング（混雑課金）の導入が永らく検討されてきたものの、市民や産業界からの反発が大きく、本格実施するには至っていない。また、ロードプライシングを既に実施しているロンドンやシンガポールでは、道路交通渋滞の削減には一定の効果があったものの、特に課金対象エリアへの来訪者や商業店舗主からの反発が大きいなど、依然として政策に対する受容性が課題として挙げられている。

加えて、公共性の高い交通政策の評価においては、環境、経済、社会の三側面における持続可能性を評価する必要がある。ここに、交通分野における環境的持続可能性については、CO₂排出量のような長期かつ地球規模での環境負荷から、NO_xのように比較的局所的な環境負荷に至るまでの様々な環境負荷を、自浄作用により回復可能なレベル内に収めることが要件となる。同様に、経済面については、安全で便利で快適な交通サービスが効率的かつ安定的に提供されることが、また社会面としては、公平性の視点から社会参加に必要な一定水準の交通サービスが全ての人々に確保されていることが持続可能性の要件となる¹⁾。前述のように、特に経済的政策は個人や社会に及ぼす影響が大きく、また、一層厳しくなりつつある財源の問題や、急速に進展する高齢化社会におけるモビリティの確保の問題等の社会情勢を鑑みた場合、政策評価にあたってはその持続可能性を包括的かつきめ細かに検討することが強く求められている。

2. 研究開発目的

そこで本サブテーマでは、まず合意形成において鍵となる移動主体の受容性に着目し、政策や個人によって受容性がどのように変化するかを把握することを目的とする。ここで、受容性の分析においては、アンケートやインタビュー調査により被験者に賛否意識等を尋ねることになるが、その回答の信頼性が政策の提示方式に大きく依存することが明らかとなっている²⁾。そこで本研究では、信頼性の高い知見を得るために、一部の経済的政策については、社会実験形式で被験者に政策を体験して頂いた上で受容意識についてのアンケート調査を行うこととした。加えて、交通料金政策に対する受容性は、自身の利得の変化や政策効果に対する認識、公平感などの多くの要因が関与すると共に、それらの改善を行うための政策アプローチも異なる。そこで、本研究では、受容意識のみならず、それに影響を及ぼすと考えられる要因を含む受容意識構造を把握することを目的とした。さらには、サブテーマ(1)～(3)の結果を踏まえ、各種経済的政策を環境・経済・社会面での持続可能性の観点から総合的に評価し、望ましい政策を効率的に実現するための制度や都市別の政策展開シナリオの検討を行うことを目的とする。

3. 研究開発方法

(1) 様々な経済的政策に対する受容性の分析

経済的政策に対する受容性を把握するために、本サブテーマでは、まず室内実験ならびに社会実験において経済的政策に対する受容意識を尋ね、政策や個人による受容性の差異を分析した。

具体的には、サブテーマ(1)で述べたように、平成23年度の室内実験では、ガソリン税の使途として一般財源、道路特定財源、環境・交通税の3パターンを想定しており、仮に増税額が同じであったとしても、その各々で受容性が異なるものと考えられる。加えて、例えば道路特定財源であ

ればいくらまでなら賛成するといったように、課税額と用途との間には交互作用が存在するものと予想される。そこで、室内実験では、各税制の下で、現行の課税額（53.8円/L）、10円増税、20円増税した場合の計3パターンについて、政策に対する賛否意識を「1. 大反対」～「10. 大賛成」の10段階評価で被験者に回答を要請した。

また、現存しない政策に対する受容意識を把握する際には、その回答の信頼性に特に注意する必要がある。そこで、より信頼性の高い受容意識データを収集するために、サブテーマ(2)において実施した社会実験において、各タームが終了した際に、体験した政策に対する賛否意識を、「1. 非常に反対」～「5. 非常に賛成」の5段階評価でそれぞれ尋ねた。このように収集したデータを用いて比較分析を行うことで、政策に対する受容意識の差異について考察を行った。

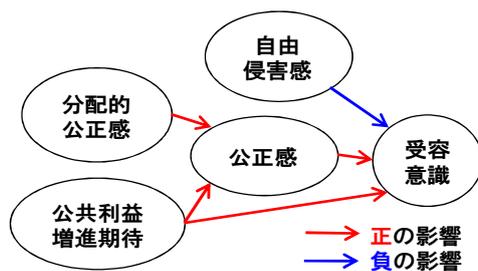
(2) 社会実験データを用いた経済的政策に対する受容意識構造の分析

政策に対する受容性は、その実施に伴う自身の利得変化のみならず、他者と比較した場合の公平感や政策の社会的効果に対する認識など、様々な要因に影響を受けると共に、個人間でも大きく異なるものと考えられる。また、受容性を高めるためには、利得を調整したり、社会的効果を丁寧に説明するなど、その影響要因によって政策アプローチも異なる。そこで本研究では、政策に対する受容意識に影響を及ぼすと考えられる要因として、文献調査の結果から、表(4)-1の心理的構成概念を採用して分析を行うこととした。

分析対象とした政策は、サブテーマ(2)で実施した社会実験のうち、平成22年度に実施した3つの政策である。政策体験後にアンケート調査を実施することで、信頼性の高い回答を得ることに努めた。被験者には、各政策の体験直後に表(4)-1に示す形式で、各構成概念の測定指標を提示し、「1. 全くそう思わない」～「5. 非常にそう思う」の5段階評価で回答を依頼した。受容意識構造、すなわち構成概念間の因果構造については、既往研究³⁾に基づき、図(4)-1のように仮定し、取得したデータを用いて共分散構造分析により受容意識構造の検証を行った。なお、アンケート調査では、課金や割引金額が受容意識に及ぼす影響を把握するために、設定料金を幾つか変化させた場合についても同様の質問を行っている。また、実際の政策展開においては、過年度に実施された高速道路無料化社会実験のように多数の方に政策を体験して頂くことは現実的に困難な場合が多い。そこで本研究では、3つの政策の体験前にも同じアンケートを実施し、それらを併せて分析することで、政策体験前後での受容意識の差異も併せて考察することとした。

表(4)-1 考慮した構成概念と測定指標

構成概念	定義	測定指標
受容意識	主として政府・行政等の権威者から提示された施策に対して、一般の公衆が受け入れるか否かという形式の抱く態度	政策に賛成する
公正感	倫理的・道徳的な基準から考えた場合にどの程度「正しい」施策であるか、という主観的な評価を意味する心理要因	社会的にみて正しい政策だ
自由侵害感	自らの自由がどの程度制限されたのか、という主観的な評価	・私の移動の自由が妨げられる ・移動以外の面で私の生活に悪影響を及ぼす
分配的公正感	意思決定の結果もたらされる分配の公正感(平等さ、衡平さ)	みんなに平等な政策だ
公共利益増進期待	施策を導入した際、社会的便益がどの程度増進するか、という期待	・CO2排出量の削減や渋滞の緩和に効果がある ・社会全体に良い効果をもたらす



図(4)-1 想定した受容意識構造

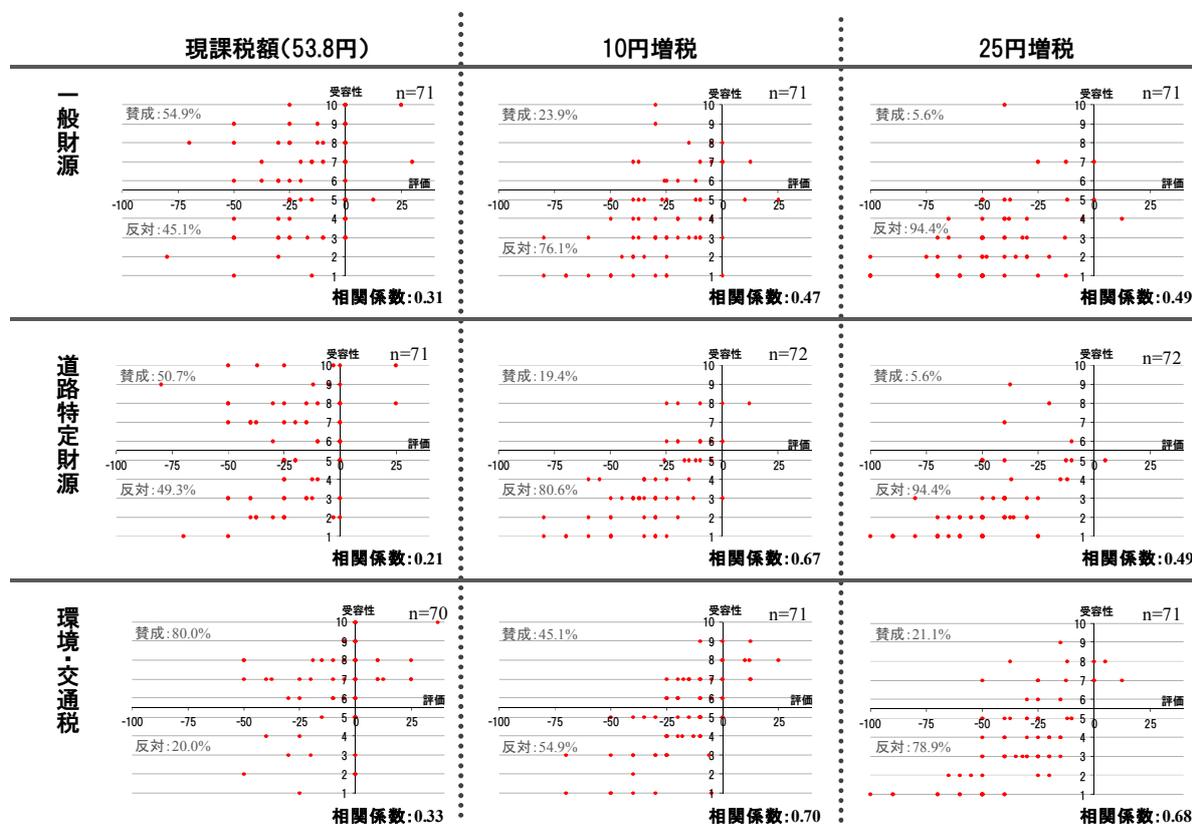
(3) 経済的政策の総合評価と都市別政策展開シナリオの検討

これまでの分析結果を俯瞰し、経済的政策を、環境（CO₂排出量）・経済（事業収支や費用対効果）・社会（受容性や公平性）の3側面における持続可能性の観点から総合的に評価した。加えて、望ましい政策を効率的に実現するための制度設計や都市別の政策展開シナリオの検討も併せて行った。

4. 結果及び考察

(1) 様々な経済的政策に対する受容性の分析結果

まず、平成23年度の室内実験で被験者に尋ねたガソリン税制別の賛否意識の分布を図(4)-2に示す。縦軸の受容性は、「1. 大反対」～「10. 大賛成」の回答値を表しており、横軸の評価とは、サブテーマ(1)で示した各税制下での個人の損得感を表しており、マイナスの値になるほど損失感

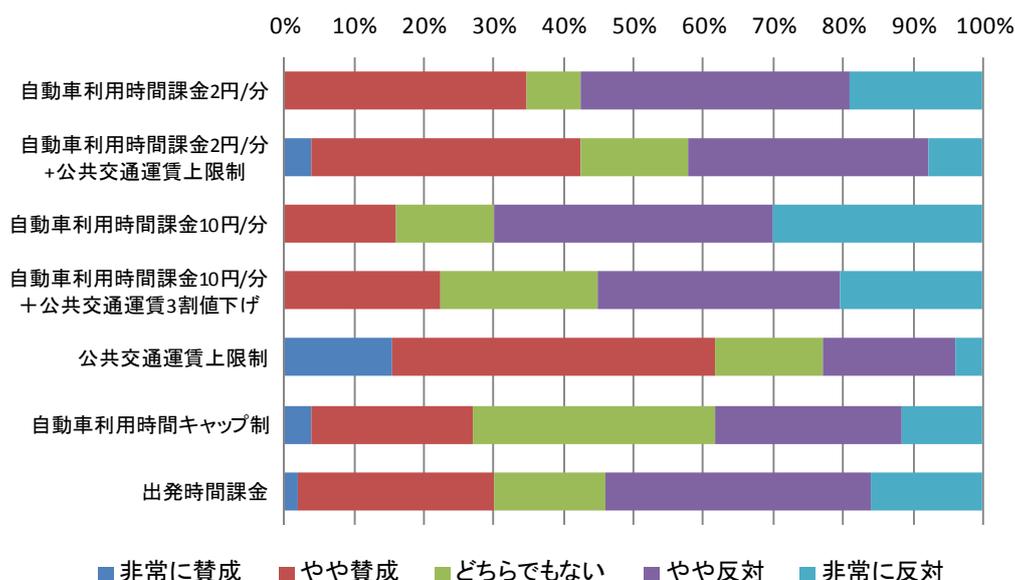


図(4)-2 各ガソリン税制下での評価と受容性

が大きくなることを示している。また、受容意識が個人の損得感とどのような関係があるのかを把握するために、両者の相関係数を併せて算出した。

図(4)-2より、受容意識が最も高いのは、課徴金を環境改善や交通政策に充当する環境・交通税であることがわかる。実際、各税制に対する自由意見を尋ねたところ、道路特定財源は用途を限定しすぎているため無駄遣いが生ずる疑いがあり、逆に一般財源下では税金が何に使われているのか不明瞭である等の不信感を表明する人が多く、その点において、環境・交通税がバランスとしてちょうど良いものと認識されたためであると推察される。個人の損得感と受容性の関係性を見てみると、現行の課税水準においては、両者にそれほどの相関は見受けられない。ゆえに、税制に対する受容意識には、「こうあるべきだ」というような道徳意識や、その用途によって公共利益がどの程度向上するかを表す公共利益増進期待などが大きく関与しているものと考えられる。しかしながら、図(4)-2からわかるように、増税により損得感との正の相関は次第に高くなっており、税制による差異は小さくなっている。このことから、大規模な増税を行った場合、政策に対する賛否意識と税金の用途との関係は希薄になり、個人の損得感による影響が卓越するものと考えられる。

次に、2度にわたる社会実験で実施した政策に対する賛否意識の集計結果を図(4)-3に示す。図(4)-3より、自動車利用に対する課金だけでなく、公共交通運賃の割引のような報酬を付与する政策を併せて実施することで受容性が高くなっていることがわかる。サブテーマ(2)の結果より、実際には自動車から公共交通の転換があまり生じないことを踏まえると、自動車利用を一方向的に抑制するのではなく、少なくとも制度上は行動変容を後押しするような方策を具備することが、政策展開において重要になるものと考えられる。この観点から、自動車利用の度合いに応じて課金と報酬の双方を併せ持つ自動車利用キャップ制度に着目すると、賛否がほぼ半分に分かれていることがわかる。これはキャップの設定の妥当性にも依存するが、サブテーマ(1)の結果より、仮に少額であったとしても利得と損失が生じた時点で損得感が際立ってしまうためであると考えられ



図(4)-3 社会実験で実施した政策に対する賛否意識

る。現実問題として、個別にキャップをきめ細かに設定することは困難であるため、本政策は環境負荷削減の点では非常に大きな可能性を秘めているものの、政策展開においては、キャップの設定根拠を丁寧に説明するなどの努力が不可欠であろう。また、公共交通運賃の上限性については、基本的に個々人の支払金額が政策実施前と比べて増えることがないにも関わらず、20%強の被験者が否定的な意見を表明している。これは、財源の問題を気にしていることに加え、キャップ制と同様に、何らかの基準を設けた時点で物理的には支出増は発生しないものの、心理的な損得感が芽生えてしまうことを示唆しているものと考えられる。

(2) 社会実験データを用いた経済的政策に対する受容意識構造の分析結果

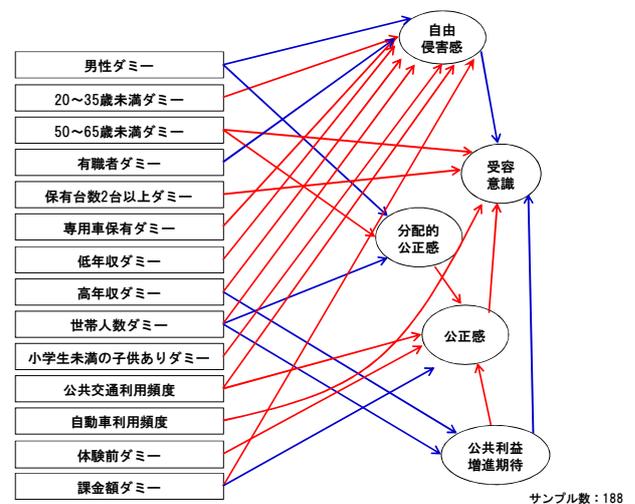
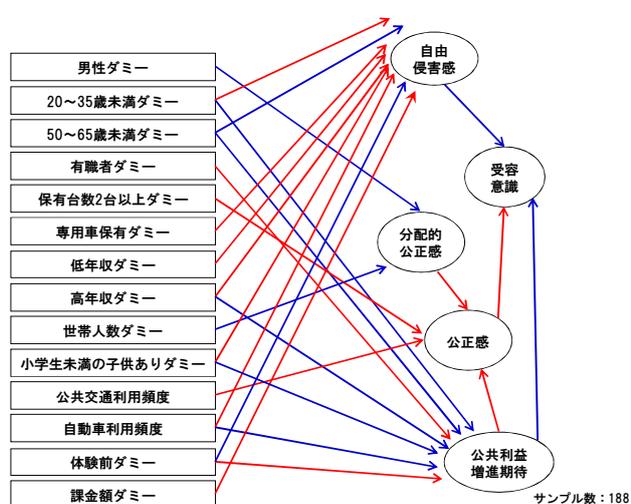
被験者に実際に体験して頂いた3政策それぞれについて、線型構造方程式モデルにより受容意識構造を分析した。図(4)-4にピークロードプライシングを想定し混雑時間帯に自動車を利用すると一定額の課金が生ずる政策（政策1）の推定結果を、図(4)-5に環境税の導入を意図し、自動車の利用量に応じて課金がなされる政策（政策2）の推定結果を、また図(4)-6には、政策2に加えて公共交通運賃の割引を併せて実施した場合（政策3）の推定結果を示す。なお、赤線は推定値が正、青線は負であることを表している。

1) 3政策の受容意識構造

全ての政策において、公共利益増進期待から受容意識への直接効果を除く構成概念間の構造パラメータが5%有意を満たし、受容意識構造が既往研究と同様であることが確認された。また、「自分専用車を持っている」、「小学生未満の子供がいる」個人は全ての政策において自由侵害感を大いに感じていることがわかる。これは、子供がいる場合、代替手段となる公共交通が利用しにくいいため、それが反発感を高め、結果として受容意識が低くなるものと推察される。

2) 政策間比較

まず、政策1に表れていない個人属性として、政策2では「世帯人数が多い」個人は有意に自由侵害感が高くなっている。これは、そのような世帯は自動車を使わざるを得ない郊外居住者が多いため、終日必ず課金されることが影響し、自由侵害感が相対的に高いものと推測できる。次に、政策3は、政策2に公共交通運賃の割引を追加したため、政策2よりも受容意識が高まるものと予想



されたが、「2台以上車を持っている」、「小学生未満の子供がいる」、「自動車利用頻度が高い」等の個人は分配的公正感が有意に低くなり、受容性がかえって低下するという結果が得られた。これは、自動車の必要性が高い人は、課金を避けることができないため、他者が公共交通運賃の割引を受けることに不公平感を感じたためであると考えられる。

3) 体験前後の変化

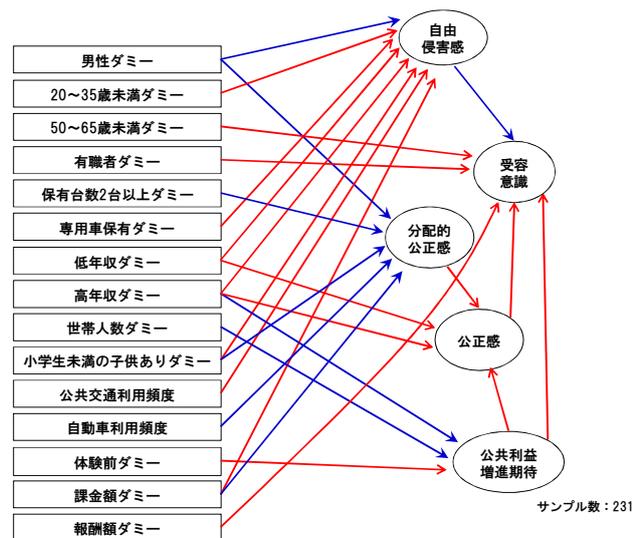
体験前ダミーは、社会実験の体験前後での意識の差を把握するために用いた説明変数である。図(4)-4～図(4)-6より、全ての政策において、体験後のほうが、受容性が低

下する方向に構成概念の値をシフトするという結果が得られた。つまり、体験後は個人の自由がより侵害され、公正ではなく、公共の利益も思ったほど増えないと感じることを意味している。これは、今回のように、自動車に対する課金水準が比較的高い場合には、政策を利己的なフレーム、すなわち損得勘定で評価し、それが全ての構成概念の評価を低下させる危険性があることを示唆しているものと推測される。

以上より、平成22年度の社会実験で実施した政策は、自動車に対する課金水準が比較的高かったため、特に、自動車の必要性が高い人にとっては、公共利益増進期待や公正感自体も全般的に低くなることが明らかとなった。一方、これまでの分析により、自動車利用の抑制政策は低炭素型社会の実現に効果的であることから、政策の実施に当たっては、モビリティ・マネジメント⁴⁾に代表される各種コミュニケーション手法を援用し、政策の意義を丁寧に説明する等の配慮が極めて重要であると考えられる。また、小さな子供がいる世帯をはじめとして、自動車を利用せざるを得ない個人や世帯ほど反対傾向が強いことから、政策を画一的に適用するのではなく、ICカードやETCの個人認証機能を活用するなどして優遇措置をとる等、家族構成や居住地域に応じた料金政策も十分に検討の余地があるものと考えられる。

(3) 経済的政策の総合評価と都市別政策展開シナリオの検討

まず、サブテーマ(3)における環境面での持続可能性を鑑みた場合、ガソリンに対して課税を行う炭素税型の環境税が必要不可欠であるものと考えられる。また、その導入にあたっては、サブテーマ(2)の結果から、課税による累積金額を呈示する仕組みを採用することで、より大きな行動変容効果が期待できると言えよう。徴収した税金の用途については、一般財源化は特定財源的な運用も可能という点で概念的には望ましい一方で、市民にとってはそれがどのように使われているか不明瞭であるため、受容性が低下することが明らかとなった。ゆえに、欧米諸国で実施されているように、環境改善や交通面に用途を限定する環境・交通税のような方式が、合意形成を図る上で望ましいと言えよう。ただし、公共交通運賃の割引を併せて実施する場合については、受容性の向上が見込まれる一方で、単にトリップごとに運賃を割引いた場合、今回分析対象とした



図(4)-6 政策3の受容意識構造の推定結果(抜粋)

いずれの都市においてもそれほどの効果が期待できないという結果が得られた。ゆえに、公共交通運賃の割引に際しては、サブテーマ(1)の知見を踏まえ、ICカードを活用することで可能となるポイント制やキャッシュバックのような心理的お得感を高める方式を採用する必要がある。特に自動車利用とのサービス水準の差異が大きい地方都市においては、財源の観点からもそのような方式を実施すべきであると考えられる。

環境税収入を公共交通運賃の割引原資に充当するような政策の都市圏別の導入可能性については、中京都市圏では大きな効果が期待される一方、東京都市圏では事業収支の観点から実施不可能であり、松山都市圏のような地方都市では受容性に問題が生じることが明らかとなった。ゆえに、東京都市圏では、例えば環境税の課税額を低く抑える一方で公共交通の運賃割引を実施しない、松山都市圏では、環境税の課税額を低く抑えると共に、アクセス改善をはじめとする公共交通促進策をパッケージ的に展開する必要があるなど、都市圏ごとに政策展開を変える必要があると言えよう。それに伴う不公平感の助長は今後の検討課題ではあるが、東京都市圏での環境税収入を松山都市圏での公共交通促進策に充当するような財源移譲の問題と併せて検討してゆく必要がある。

逆に、よりミクロな視点、すなわち個人間の公平性に着目した場合、特に自動車を利用せざるを得ない地域や世帯では、政策に対して大きな反発を招く危険性があることが改めて確認された。ゆえに、政策を画一的に適用するのではなく、世帯や個人属性ごとに定額制やキャップ制の基準を適用したり優遇措置をとるなど、家族構成や居住地域に応じた政策展開も十分に検討の余地がある。実際、子ども手当のように、世帯に対して優遇措置を与えることは、ICカードやETCの個人認証機能を活用することで技術的に可能である。また、例えば小さな子供がいる世帯に対して環境税を減免することは、少子化対策の理念とも整合的であると言え、社会的合意は比較的得られやすいものと考えられる。

最後に、上記の考察は、いずれも課金や割引政策を正しく認知しているという前提に基づくものである。ここで、環境面での効果や社会的公平性を考慮した場合、経済的政策の適用においては、混雑の程度に応じて課金や割引金額を動的に変化させることが望ましい。一方、サブテーマ(1)での検証において、曜日や時間帯に応じて料金設定を行った場合、利用者はそれを詳しく認知せずに行動し、特に割引を過小評価、すなわち割引の恩恵をあまり感じずに行動する傾向にあることが判明した。特に、極めてメディア露出度の高かった高速道路の休日特別割引でさえ、正しく認知していない人が多数占めていたことを踏まえれば、広報だけでなく料金システムとして認知度を高めるような方策も不可欠であろう。ゆえに、料金設定においては、次善の策として、携帯電話の料金プランのように一定期間の利用に対して支払いや報酬を与えると共に、いくつかのプランの中から自由意思で選択でき、かつ自身の行動による累積の支払いや報酬金額を確認できるような方式が望ましいものと考えられる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

受容性の分析において採用した意識構造は、既往研究に基づくものであるが、いずれも既存の政策を対象としたり政策を文言や口頭で説明したデータを用いたものであり、知見の一般性

や信頼性に疑問がある。本研究では、社会実験を工夫することで、現存しない政策についても本格実施に近い形で収集したデータに基づいて分析を行っており、得られた知見の信頼性や汎用性は高いものと推測される。また、それにより得られた、自身の利得が変化しない政策に対しても一部の人の受容性が低くなる等の知見は、合理的選択を仮定した従来分析では決して見出すことのできない知見であり、政策展開において極めて重要な意味を持ち、交通分野のみならず様々な政策に関する実務的示唆を与えるものと考えられる。

(2) 環境政策への貢献

一般財源化は特定財源的な運用も可能という点で概念的には望ましい一方で、その用途が不明瞭であるため、ある程度用途を限定した方が高い受容性が見込まれる等の知見は、これまでの税制に関する議論に対して一石を投じるものであり、政策検討において極めて意義深いものと考えられる。また、室内実験や社会実験、シミュレーション等に基づき、都市圏別に政策展開を変える必要性を示したことは、今後の政策検討における基本的な方向性にも影響を及ぼすものである。ただし、今回の分析においては、一般市民の意識や交通行動のみを対象としているため、今後は交通事業者や店舗経営者等の産業界を含む多様な主体を含んだ形で効果を検証する必要がある。そのためには大規模な社会実験が必須であるため、引き続き学会等での発表を通じ成果の広報・普及に努めると共に、行政や交通事業者、商店街組合等と積極的に協議を行う予定である。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 川口淳、倉内慎也、浅野千晶、佐藤仁美、吉井稔雄：平成23年度土木学会四国支部第17回技術研究発表会（2011）
「交通料金政策に対する受容意識構造の分析」
- 2) 倉内慎也、浅野千晶、佐藤仁美：第43回土木計画学研究発表会（2011）
「CO₂排出量の削減を目的とした交通料金政策に対する受容意識の分析」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) 太田勝敏：環境的に持続可能な交通を目指して，ESTメールマガジン創刊号，環境的に持続可能な交通（EST）普及推進委員会事務局，2006.
- 2) 藤井聡，トミー・ヤーリング：交通需要予測におけるSPデータの新しい役割，土木学会論文集，IV-58，pp.1-14，2003.
- 3) 宮川愛由，藤井聡：規制的交通施策の受容意識構造に関する理論実証研究:信頼の決定的役割とその醸成，土木計画学研究・講演集，No30，CD-ROM，2004.
- 4) 土木学会編：モビリティ・マネジメント（MM）の手引きー自動車と公共交通の「かしこい」使い方を考えるための交通政策ー，土木学会，2005.

An Investigation of Transport Policies to Induce the Behavioral Modification toward the Reduction of Carbon Dioxide Emission Considering Economic and Social Sustainability

Principal Investigator: Shinya KURAUCHI

Institution: Ehime University
Bunkyo-cho 3, Matsuyama, Ehime 790-8577, JAPAN
Tel: +81-89-927-9830 / Fax: +81-89-927-9690
E-mail: kurauchi@cee.ehime-u.ac.jp

Cooperated by: Nagoya University, The University of Tokyo

[Abstract]

Key Words: Carbon dioxide emission, Transport policies, Economic incentives, Cognitive processes, Probe person survey

This research aims to investigate the impacts of economic incentives such as carbon taxation and fare reduction to reduce carbon dioxide emission caused by the transport sector.

In order to explore efficient transport policies, laboratory experiments and questionnaire were initially conducted to investigate the traveler's cognitive processes toward the various types of incentives. We adopted the mental accounting theory and time preference theory to explicitly consider the effects of psychological pleasure/pain toward the gains/losses as well as economic consumer surplus and their differences along time axis. The empirical results showed that the impact of psychological pleasure/pain toward the overall utility seems to be larger than that of consumer surplus, implying that policies such as cash-back or points program, which would enhance the psychological pleasure, might be more desirable than the simple fare reduction even if the objective monetary gains and losses were identical.

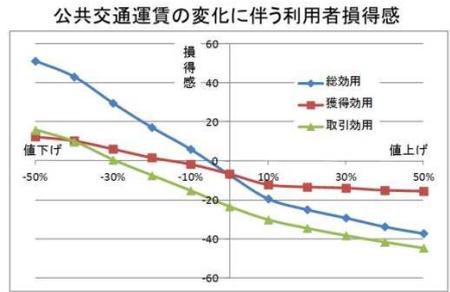
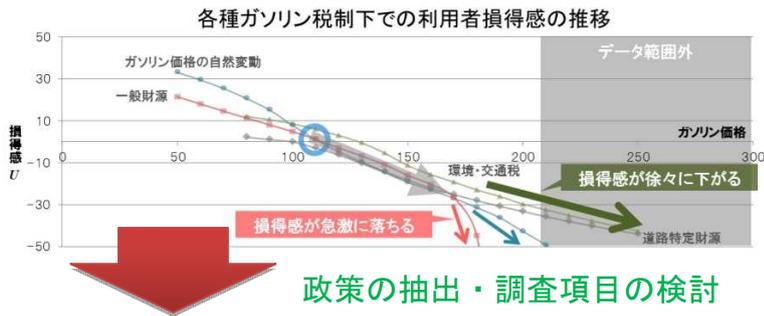
Following this, we conducted a social experiment to investigate the impacts of economic incentives in the real world. Several hypothetical policies including carbon tax, fare reduction for public transport and emissions trading were applied for the 76 subjects and their travel behaviors were directly observed by the probe person system with GPS devices. Acceptability toward those policies was also investigated and the results showed that while pricing schemes significantly reduced car usage, the public acceptance toward those policies would be very low, even if a 30% fare reduction for public transport was introduced. Also, the pricing scheme for a certain period, such as the flat-rate system, induced more behavioral change compared to the pricing for each trip since it may enhance the consciousness toward the travel cost.

Moreover, we developed a simulation system to evaluate the impacts of economic

incentives on carbon dioxide emission in metropolitan area. Person trip survey data, which is a large scale trip diary data, was utilized so as to simulate the policy effects on the individual basis. A travel behavior model was also developed using the social experiment data and was incorporated into the simulation system. This system was applied to Tokyo, Nagoya, and Matsuyama metropolitan area, and the results showed that the carbon tax could significantly reduce the amount of CO₂ emission in all cities irrespective of their automobile dependencies. On the other hand, fare reduction for public transport might be inefficient, especially in Tokyo where large deficits would be estimated even if the revenue from carbon tax were compensated for.

① 実験経済学的アプローチによる交通行動変更意向の分析ならびに政策検討 (愛媛大学)

様々な経済政策に対する認知・行動メカニズムの分析・モデル化



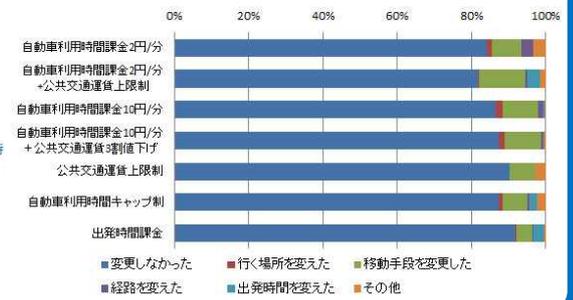
② 実証実験による交通行動変化の分析と政策課題の抽出 (名古屋大学)

携帯端末を用い仮想政策実施下での交通行動の変化を観測

GPSによる移動軌跡と
行動調査入力画面



政策による交通行動変化



実証実験結果から交通行動変更モデルを構築

③ 都市圏レベルでのCO₂削減効果算出システムの開発と効果の都市間比較 (東京大学)

政策実施効果の都市圏レベルでのシミュレーション

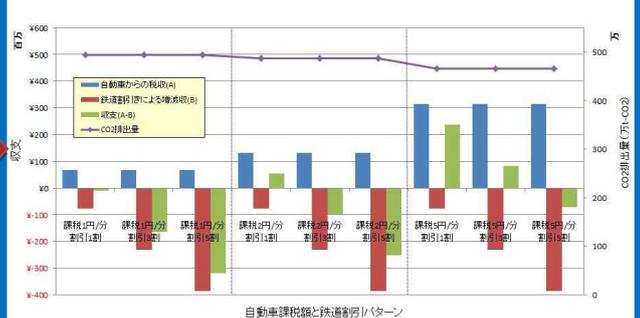
構築した環境負荷計算システム



計算結果
分析

中京都心部のシミュレーション結果

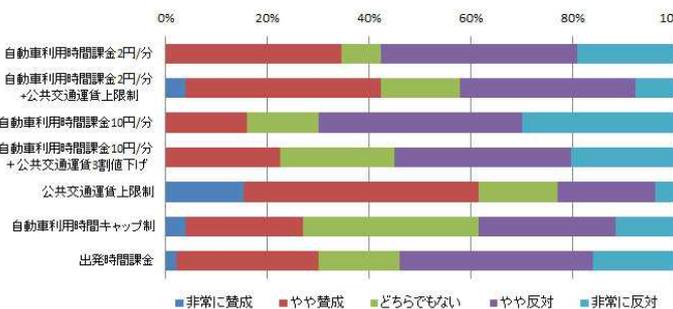
環境税および鉄道運賃割引導入における
CO₂排出量の変化と事業収支の変化
※中京都市圏の例



④ 政策実施下における公平性の分析と低炭素社会実現に向けた政策展開の検討 (愛媛大学)

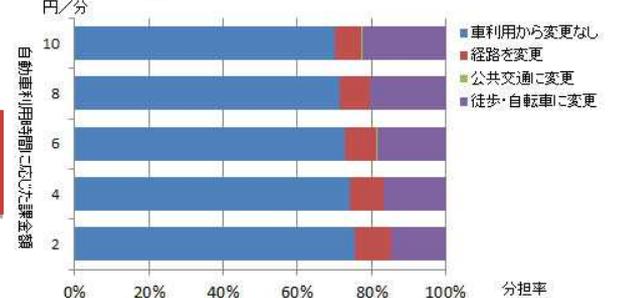
社会面での評価と政策提言

政策に対する賛否意識



環境・経済性
評価結果

課金額毎の交通手段転換割合



課金額が上がると、徒歩や自転車利用が増える！
公共交通への転換はほとんど見られない