

バスとタクシーのオプション価値に関する 基礎的研究

三輪 富生¹・鄭 巽²・山本 俊行³・森川 高行⁴

¹正会員 名古屋大学准教授 未来材料・システム研究所 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: miwa@nagoya-u.jp

²学生会員 名古屋大学大学院 工学学研究科

³正会員 名古屋大学教授 未来材料・システム研究所

⁴正会員 名古屋大学教授 未来社会創造機構

超高齢化社会に突入した我が国では、高齢者の移動手段の確保は取り組むべき重要な課題である。中山間地域などを含む地域では、バスやタクシーなどの交通サービスが十分でない場合が多いが、利用頻度が高くなくとも、それらは地域住民の最後の交通手段として重要な存在である。本研究では、バスやタクシーの存在価値について、知見を得ることを目的としている。まず、オプション価値の考え方を示したうえで、バスやタクシーのような利用頻度が低い交通手段のオプション価格や利用者便益、およびオプション価値を推定する方法を示す。さらに、アンケート調査を行い、得られたデータを用いて推定されたこれらの価値について、都市規模や年齢等による違いを分析する。

Key Words : *Option value, public transport, taxi, semi-mountainous area, questionnaire survey*

1. はじめに

高齢者のモビリティ確保は、取り組むべき重要な課題である。また、頻発する高齢者による自動車の事故から、今後は免許返納が益々進むと予想され、この課題の重要性はさらに高まると考えられる。特に、公共交通サービスが存在しない地域や、存在してもサービスレベルが低い地域では、自動車を運転できない高齢者は、日々の生活を維持するために必要な交通移動すら困難な状況にある¹⁾。

サービスレベルが十分ではなくとも、バスやタクシーは重要な交通手段である。例えば、交通不便地域の高齢者は、週もしくは月に数度の買い物や、月に数度もしくは数か月に1度の通院において、それらの交通手段を利用している。しかし、これらの交通サービスは、交通需要が少なく十分な収益が得られないため、撤退の危機にある。また、タクシーは、緊急時の“Stand-by”機能として、利用頻度が高くなくとも市民の生活を支える重要な交通手段であるが、自治体等からの補助が無い場合が多く、事業の継続が困難となっている。

このような背景から、そのような利用頻度の低い交通サービスに着目する。本研究では、バスやタクシーの価値について、利用者便益やオプション価値の観点から考

察を行う。これらの価値について、都市規模の違いを踏まえた比較を通じて知見を得ることとする。

2. 既往研究のレビュー

オプション価値 (Option Value) の概念は、Weisbrod²⁾ が初めて提唱したとされている。そこでは、閉鎖の危機にある国立公園や病院を例に、そのようなめったに利用しないサービスであっても、将来利用する可能性を考慮すると、サービスを維持させるために支払う金銭的価値が存在することを議論している。その後、主に環境経済学分野で研究がすすめられ、財やサービスの将来の利用に対する不確実性を排除もしくは軽減するための最大支払意思額がオプション価格 (Option Price) 、そこからサービスを利用した場合に得られる消費者余剰 (Consumer surplus) を除くと、オプション価値が得られるとされている³⁾⁻⁶⁾。つまり、オプション価値は、利用によって期待できる消費者余剰を超えて見いだされる価値であり、“オプション価値=オプション価格-消費者余剰”の関係がある。なお、これらの古くからの理論的検討の経緯は、湧口・山内⁹⁾にも整理されている。また、オプション価値と、そのようなサービスに対する自治体等による

補助との関連について議論したものもある^{2,5,7)}。

交通サービスのオプション価値を検討した既往研究として、Weisbrod²⁾は、オプション価値が存在する例として都市内公共交通システムを挙げているし、Roson^{7,8)}は、イタリアの公共交通システムに支払われる補助金の妥当性を、オプション価値の観点から議論している。

Humphrey and Fowkes¹⁰⁾は、スコットランドの鉄道を対象に、SP調査によってサービスレベル変化と利用意向の関係性を調査し、オプション価値を含む様々な経済価値を推定している。Geurs¹¹⁾は、オランダの鉄道の利用を対象としたSP調査データからオプション価値を推定している。川端ら¹²⁾は、富山県のLRTと地方鉄道を対象にオプション価値を推定している。ここで、交通サービスの経済価値について、川端ら¹²⁾は図-1のように整理している。ただし、交通サービスの経済価値の分類は、文献ごとにやや異なっており、すべてが図-1のように分類されているわけではない。

その他の既往研究として、Bristowら¹³⁾は、イギリスの地域特性の異なる2つのバス路線を対象として、沿線地域住民にアンケート調査を行い、バスサービスの非利用価値を調査している。また、Lairdら¹⁴⁾は、過去の既往研究で調査された、公共交通の非利用価値やオプション価値を比較・整理している。藤原・杉恵¹⁵⁾は、広島市の低床式路面電車に対する沿線住民の意識調査を通じて、オプション価値を含めた主観的価値を評価している。大井ら¹⁶⁾は、旭川市の路線バスのオプション価値や非利用価値を、CVM (Contingent Valuation Method: 仮想的市場法)により計測している。松中ら¹⁷⁾は、富山市とフランスのミュールーズのLRTについて、その経済価値の構成を、アンケート調査を通じて分析している。大山ら¹⁸⁾は、福井県のえちぜん鉄道を対象として、その経済価値に対する市民の認識を、アンケート調査を通じて分析している。

これらの既往研究では、比較的利用頻度の高い交通サービスを取り上げ、その沿線住民を対象として調査、分析を行っており、利用頻度の低い交通サービスを取り扱った例は見られない。

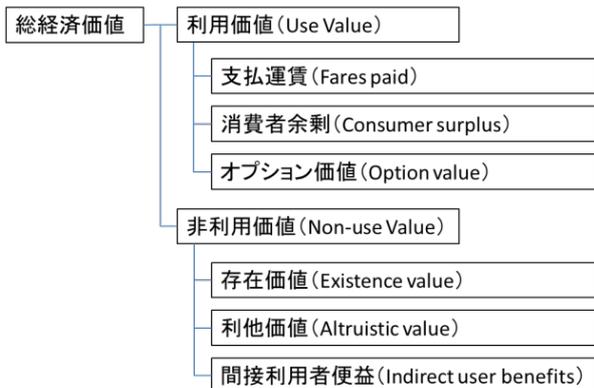


図-1 交通サービスの経済価値の分類¹²⁾

3. 推定モデル

(1) オプション価格

オプション価格の導出において、Smith⁴⁾はオプション購入(サービス継続の確実性を高めるための支払い)によって、サービス継続の不確実性が完全には無くならない状況も考慮すべきと論じている。また、Freeman III⁵⁾は同様の認識のもと、さらにサービスを利用したいと考える確率を明示的に考慮している。また、オプション購入で得られる効用と、購入しないことの効用が等しくなる支払額を求めれば、それがすなわち最大支払意思額であり、オプション価格となる。

本研究では、これらの既往研究を参考に、以下のようにオプション価値を推定する。個人 n について、ある交通サービス(本研究ではバスとタクシー)の継続のために、追加的な費用(税金)の支払いによって得られる効用を $U_{pay,n}$ 、支払わないことによる効用を $U_{not-pay,n}$ とし、これらを以下のように表現する。

$$U_{pay,n} = p_n q'_n u_n(tax, 1) + p_n (1 - q'_n) u_n(tax, 0) + (1 - p_n) \tilde{u}_n(tax) + \varepsilon_{pay,n} \quad (1)$$

$$U_{not-pay,n} = p_n q_n u_n(0, 1) + p_n (1 - q_n) u_n(0, 0) + (1 - p_n) \tilde{u}_n(0) + \varepsilon_{not-pay,n} \quad (2)$$

ここに、 p_n は対象とする交通サービスのある対象期間に利用したいと思う確率、 q_n (q'_n)は補助金が得られない(補助金が得られた)場合に、その交通手段がサービスを提供している確率、 $u_n(tax, 1)$ ($u_n(tax, 0)$)は、追加的税金(tax)を支払い($tax = 0$ の場合を含む)、その交通サービスを利用したい場合に利用できる(利用できない)ことの効用、 $\tilde{u}_n(tax)$ は対象交通サービスを利用したいと思わない場合でも存在する効用(非利用価値)、 $\varepsilon_{pay,n}$ と $\varepsilon_{not-pay,n}$ はそれぞれの誤差項である。なお、追加的税金の支払いは、対象交通サービスへの補助金支出を意味している。

本研究では、 $u_n(tax, 1)$ 、 $u_n(tax, 0)$ および $\tilde{u}_n(tax)$ を以下のように表現する。

$$u_n(tax, 1) = \alpha \ln(tax + 1) + \beta x_n + \beta' x'_n \quad (3)$$

$$u_n(tax, 0) = \alpha \ln(tax + 1) + \beta x_n + \beta' x'_n + \gamma \quad (4)$$

$$\tilde{u}_n(tax) = \alpha \ln(tax + 1) + \beta x_n + \tilde{\beta} \tilde{x}_n \quad (5)$$

ここで、 α は追加的な税金(tax)の支払い抵抗を表す

パラメータ, $\beta \mathbf{x}_n$ は追加的な税金を支払うことのその他の効用 ($tax = 0$ の場合, つまり支払わない場合は $\beta \mathbf{x}_n = 0$), $\beta' \mathbf{x}'_n$ は対象とする交通手段を利用したい状況に関連した効用, $\tilde{\beta} \tilde{\mathbf{x}}_n$ は利用したい状況が生じない場合に関連した効用である. さらに, γ は, 対象とする交通サービスの利用したいのに利用できなかった場合の負効用を表現しており, 例えば以下のように表現できる.

$$\gamma = -\exp(\gamma \mathbf{z}_n) \quad (6)$$

式(3)~(5)を式(1), 式(2)に代入して整理すると,

$$\begin{aligned} U_{pay,n} &= V_{pay,n} + \varepsilon_{pay,n} \\ &= \alpha \ln(tax + 1) + \beta \mathbf{x}_n + p_n \beta' \mathbf{x}'_n + p_n(1 - q'_n) \gamma \\ &\quad + (1 - p_n) \tilde{\beta} \tilde{\mathbf{x}}_n + \varepsilon_{pay,n} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} U_{not-pay,n} &= V_{not-pay,n} + \varepsilon_{not-pay,n} \\ &= p_n \beta' \mathbf{x}'_n + p_n(1 - q_n) \gamma + (1 - p_n) \tilde{\beta} \tilde{\mathbf{x}}_n + \varepsilon_{not-pay,n} \end{aligned} \quad (7)$$

さらに, 誤差項が平均0の独立な正規分布に従うと仮定すると, 追加的な税金を支払う確率はプロビットモデルで表現できる.

$$\begin{aligned} P_n(pay) &= Prob(\bar{\varepsilon}_n < V_{pay,n} - V_{not-pay,n}) \\ &= \Phi\left(\frac{\alpha \ln(tax + 1) + \beta \mathbf{x}_n + p_n(q_n - q'_n) \gamma}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (8)$$

ここに, $\bar{\varepsilon}_n = \varepsilon_{not-pay,n} - \varepsilon_{pay,n} \sim N(0, \sigma^2)$ としており, $\Phi(\cdot)$ は標準正規分布の累積分布関数である. なお, 使用データの詳細は4.で説明するが, 本研究では, データ収集が効率的で回答に比較的バイアスが少ないとされる二段階二項選択方式によってデータを収集する.

オプション価値を算出するために必要となるオプション価格 OP_n は最大支払意思額であり, すなわち $U_{pay,n} = U_{not-pay,n}$ となるときに価格 (税金額 tax) であるので, $V_{pay,n} - V_{not-pay,n} = 0$ から以下のように算出できる.

$$OP_n = \exp\left(\frac{-p_n(q_n - q'_n) \gamma - \beta \mathbf{x}_n}{\alpha}\right) - 1 \quad (9)$$

なお, p_n (個人 n が対象交通サービスを利用する確率) は, (2) で説明する交通サービス利用頻度モデルから計算される. また, 上式では, 追加的な税金に対数をとって

いるが, 対数をとらなくても同様の計算が可能である.

(2) 消費者余剰

Freeman III⁹⁾ は, サービス利用意向がある場合の間接効用関数を定義し, 利用不可能となる場合の効用と等しくなる所得変化 (補償変分) として, 消費者余剰を求める方法を示している. また, Geurs¹⁰⁾ や川端ら¹²⁾ は, SP 調査データを用い, 対象交通サービスの利用に関する離散選択モデルを構築することで, 効用関数を得ることによって同様に算出している. この方法以外にも, 対象交通サービスを選択肢に含む交通手段選択モデル (ロジットモデル) が構築できる場合は, 所得効果をゼロと仮定して, 対象交通サービスを含むログサム変数と含まないログサム変数の差によっても消費者余剰は算出可能である^{19), 20)}. しかし, タクシーなどの利用頻度が非常に低い交通サービスに対しては, パーソントリップデータなどの交通調査データからでは, 手段選択モデルのパラメータを適切に推定したり, 便益を求めることは容易ではない. また, 利用される状況を具体的に示した SP 調査も考えられるが, 利用状況が多様で, またその発生頻度が低いことから, 調査は必ずしも容易ではないと考えられる. そこで, 本研究では, アンケートによって対象交通サービスの利用頻度を調査し, それを用いて構築した利用頻度モデルから消費者余剰を算出する方法を検討する.

アンケート調査によって, ある期間に, 個人 n が移動目的 m で, 対象交通サービスを利用する頻度が調査されたとする. このような利用頻度分布には, ポアソン分布や負の二項分布が適用されるが²¹⁾, ここでは負の二項分布を用いる.

$$P_{m,n}(k) = \frac{\Gamma\left(k + \frac{1}{\theta_{m,n}}\right)}{\Gamma(k+1)\Gamma\left(\frac{1}{\theta_{m,n}}\right)} (\lambda_{m,n})^k (1 + \theta_{m,n} \lambda_{m,n})^{-\left(k + \frac{1}{\theta_{m,n}}\right)} \quad (10a)$$

ここに, $P_{m,n}(k)$ は対象とする交通サービスを k 回利用する確率, $\Gamma(\cdot)$ はガンマ関数, $\theta_{m,n}$ は分散パラメータである. このとき, 利用回数の期待値は λ_n であるが, これが非負であることを考慮して以下のように表現する.

$$E(k) = \lambda_{m,n} = \exp(\kappa_{cost} cost_{m,n} + \boldsymbol{\kappa} \mathbf{y}_{m,n}) \quad (10b)$$

ここに, $cost_{m,n}$ は対象交通サービスの移動目的 m における利用料金, κ_{cost} はそのパラメータ, $\mathbf{y}_{m,n}$ はその他の説明変数ベクトル, $\boldsymbol{\kappa}$ はその未知パラメータベクトル

である。

推定された利用頻度モデルから、縦軸に利用料金、横軸に利用回数の期待値 ($\lambda_{m,n}$) をとってグラフを書くと、図-2の黒破線のようになる。これは需要関数を表しており、利用者便益は、図中の青色の領域の面積として計算できる。すなわち、消費者余剰 $CS_{m,n}$ は、公比が(-1,1)に含まれる無限等比級数の和(初項 $\exp(\kappa_{cost} cost_{m,n} + \kappa y_{m,n})$ 、公比 $\exp(\kappa_{cost})$)として、以下のように計算できる。

$$CS_{m,n} = \sum_{c_i=cost_{m,n}}^{\infty} \exp(\kappa_{cost} c_i + \kappa y_{m,n}) = \frac{\exp(\kappa_{cost} cost_{m,n} + \kappa y_{m,n})}{1 - \exp(\kappa_{cost})} \quad (11)$$

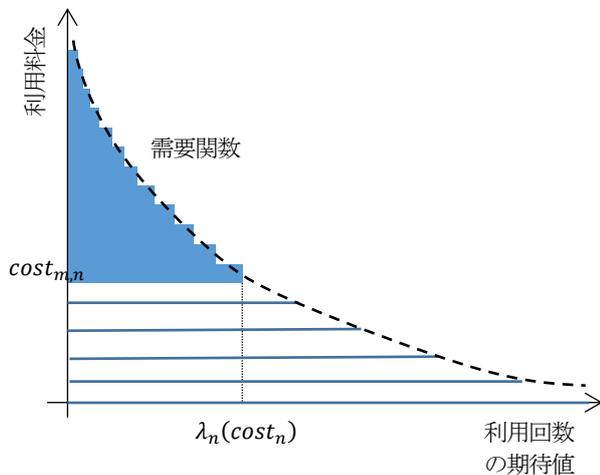


図-2 利用頻度モデルを用いた需要曲線

また、オプション価格の計算が必要であった、交通サービス利用確率 p_n は、利用頻度が0である確率(負の二項分布の場合は、 $P_{m,n}(0) = (1 + \theta_{m,n} \lambda_{m,n})^{-\frac{1}{\theta_{m,n}}}$)をすべての移動目的 m について考慮し、以下のように計算できる。

$$p_n = 1 - \prod_m P_{m,n}(0) = 1 - \prod_m (1 + \theta_{m,n} \lambda_{m,n})^{-\frac{1}{\theta_{m,n}}} \quad (12)$$

(3) オプション価値

前述のように、オプション価値はオプション価格と消費者余剰の差と定義されているが、その計算においては、対象交通サービスの利用確率 p_n や対象交通サービス提供確率(q_n, q'_n)を考慮しなければならない⁵⁾。ただし、利用頻度モデルから計算される消費者余剰には、利

用確率がすでに考慮されているため、オプション価値 OV_n は、以下のように計算できる。

$$OV_n = OP_n - (q'_n - q_n)CS_n \quad (13)$$

4. 使用データの概要

本研究使用するデータは、愛知、岐阜、三重、静岡および長野の5県を対象に、2016年12月2日～5日にWeb調査によって収集した。表-1は、主な調査項目を示している。ここでは、被験者やその家族の属性、通勤・通学、買い物および通院の頻度、それらの際のタクシーとバスを利用した際の料金(高齢者割引などのサービスを考慮した実際の支払額)、往路と復路のそれぞれでのタクシーとバスの利用頻度、さらにバスおよびタクシーのサービス継続のための追加的税金の支払い意向等を質問している。

本研究では、バスとタクシーのオプション価値を調査するため、①居住地域にバスが走行していること、②自宅から電話等によりタクシーの配車を依頼できること、③20歳以上、の3つの条件で被験者をスクリーニングした。また、Web調査モニター数の制約から、公共交通が不便な地域のみからデータを得ることができなかった。このため、人口の少ない都市からもデータが得られるよう配慮しつつ、様々な人口の都市を対象にデータを収集した。また、各都市の規模ごとに、20歳代から60歳代以上までのサンプル数がほぼ均等になっている。

表-2は、主な調査項目の基礎集計結果を示している。実際の人口構成とは異なり、人口の少ない都市から比較的多くのデータを得ているため、人口規模ごとに集計した結果を示すべきであるが、紙面の都合からデータ全体の平均を示している。ただし、性別や職業にも偏りが見られないことが分かる。

表-1 調査内容

	質問項目
I. 個人・世帯の属性	年齢、性別、職業、運転免許の有無
	世帯人数、世帯構成、自動車等の保有状況、世帯年収
II. 普段の交通行動 (通勤・通学、普段の買い物、通院)	頻度、交通手段と所要時間 普段の買い物場所までの交通手段
III. 地域の交通サービスレベル	最寄駅・バス停までの距離 最寄駅・バス停での運行頻度 バス事業者
IV. タクシー・バスの利用 (通勤・通学、普段の買い物、通院)	利用頻度、料金、乗車時間、料金が半額もしくは2倍になった場合の利用頻度
V. 交通サービス継続のための追加的税負担	タクシー、バスのそれぞれについて

表-2 収集データの概要

都市規模とサンプル数	総サンプル数：940 政令指定市（名古屋，静岡，浜松）：210 中核市（人口20～50万人）：155 その他1（人口5～20万人）：155 その他2（人口2～5万人）：210 その他3（人口2万人未満）：210
I. 個人・世帯属性	<年齢>平均45.1歳，s.d.:14.6 <性別>男性50.6%，女性49.4% <職業>勤務・従業者36.2%，専業主婦19.4%，パート・フリーター14.5%，無職11.8%，その他18.2% <運転免許>有93.0%，無7.0%（返納0.9%） <世帯人数>平均3.12人，s.d.:1.42 <世帯構成>65歳以上有34.5%，15歳未満有32.3% <車の保有>自動車保有91.8%
II. 普段の交通行動	<通勤・通学（n=587 ※通勤通学者のみ）> 往復合計トリップ数（頻度）：平均41.8トリップ/月 距離：平均12.4km，s.d.:11.7 <買い物（n=910 ※1年に1度以上買物する人）> 往復合計トリップ数（頻度）：平均22.2トリップ/月 距離：平均4.18km，s.d.:4.14 <通院（n=631 ※1年に1度以上通院する人）> 往復合計トリップ数（頻度）：平均1.71トリップ/月 距離：平均4.50km，s.d.:6.33
III. 地域の交通サービスレベル	<最寄バス停までの距離> 平均1.65km，s.d.:3.80 <最寄バス停での運行頻度> 平均63.6分に一本，s.d.:87.9
IV. バス・タクシーの利用状況（表-3参照）	
V. 交通サービス継続のための追加的税負担（図-3，表-4参照）	

本研究では、通勤・通学、買い物、通院の3種類（いずれも帰宅移動を含む）の移動目的のみを考慮している。これは、私的な交通移動の大半がこれらの移動目的であることや、移動目的によって目的地が異なるため、バスやタクシーの利用料金も異なることが理由である。また、トリップ頻度の分析においては、ある移動目的において1年に一度もトリップを行わないと回答した被験者は、その移動目的の分析からは除外した。この結果、通勤・通学トリップでは587サンプル、買い物トリップでは910サンプル、通院トリップでは631サンプルとなった。

表-3.aおよび表-3.bは、それぞれバスおよびタクシーの利用頻度と利用料金を、移動目的別に示している。表-3.aより、バスの利用頻度は、いずれの移動目的においても名古屋市でやや高いが、都市の規模で明確な傾向はない。一方で、平均利用料金は、人口が少ない都市ほど高くなる傾向がある。この傾向は、通院トリップほど明確であり、小さな都市ほど通院に長距離移動が必要であることがわかる。また、表-3.bより、タクシーの利用頻度は、買い物トリップにおいて人口が少ない都市ほど高くなる傾向がみられる。利用料金は、通勤・通学トリップでは違いは見られないものの、買い物や通院トリップでは人口が少ない都市ほど高くなる傾向がある。また、通院トリップで最も料金が高くなっている。

表-3.a バスの利用状況

<通勤・通学トリップ>			
都市規模		平均往復トリップ数(回/月)	平均利用料金(円)
政令指定市	名古屋	8.5	257.8
	静岡，浜松	6.8	432.6
中核市	人口20～50万人	9.0	535.4
その他1	人口5～20万人	6.1	421.8
その他2	人口2～5万人	6.4	504.7
その他3	人口2万人未満	4.9	526.5
<買物トリップ>			
都市規模		平均往復トリップ数(回/月)	平均料金(円)
政令指定市	名古屋	3.8	189.0
	静岡，浜松	1.6	175.2
中核市	人口20～50万人	2.3	209.6
その他1	人口5～20万人	2.2	241.7
その他2	人口2～5万人	2.5	273.1
その他3	人口2万人未満	2.6	334.8
<通院トリップ>			
都市規模		平均往復トリップ数(回/月)	平均料金(円)
政令指定市	名古屋	2.0	214.0
	静岡，浜松	0.9	257.1
中核市	人口20～50万人	1.2	333.2
その他1	人口5～20万人	1.1	569.0
その他2	人口2～5万人	1.0	489.9
その他3	人口2万人未満	1.0	644.0

表-3.b タクシーの利用状況

<通勤・通学トリップ>			
都市規模		平均往復トリップ数(回/月)	平均料金(円)
政令指定市	名古屋	2.8	2,512.5
	静岡，浜松	1.5	2,226.0
中核市	人口20～50万人	2.6	2,340.4
その他1	人口5～20万人	3.4	2,305.1
その他2	人口2～5万人	3.0	2,613.3
その他3	人口2万人未満	3.0	2,639.9
<買物トリップ>			
都市規模		平均往復トリップ数(回/月)	平均料金(円)
政令指定市	名古屋	0.99	737.50
	静岡，浜松	0.83	818.10
中核市	人口20～50万人	1.20	977.98
その他1	人口5～20万人	1.86	896.28
その他2	人口2～5万人	1.86	1,134.03
その他3	人口2万人未満	1.64	1,566.46
<通院トリップ>			
都市規模		平均往復トリップ数(回/月)	平均料金(円)
政令指定市	名古屋	1.6	953.6
	静岡，浜松	0.6	1,094.6
中核市	人口20～50万人	1.0	1,296.5
その他1	人口5～20万人	0.8	1,288.8
その他2	人口2～5万人	0.6	1,730.2
その他3	人口2万人未満	0.7	2,208.7

あなたが住むまちのタクシー会社が資金難となっています。

- ・もし資金補助をしなければ、A%の確率で、来年度からタクシー会社がなくなります（タクシーが利用できなくなります）。
- ・成人一人当たり毎月 B 円の補助を行えば、その間はタクシー会社は必ず存続します（資金補助を続ける限りタクシー会社は存続します）。
- ・この補助金は、自治体が、税金のように市民から補助金を徴収し、管理・使用します。
- ・現在、あなたの街の C%の方がこの補助に賛成しています。

補助金の支払いに賛同しますか？

※A：100%，50%，25% ※B：200円，500円，1000円
 ※C：25%，50%，75%（いずれもランダム割り付け）



Yes
 B'円だった場合でも
 賛同しますか？

※B' = B × 2

No
 B''円であれば
 賛同しますか？

※B'' = B ÷ 2円

図-3 交通サービス継続のための追加的税負担に関する質問

最後に、交通サービス継続のための追加的税金の支払い意向について確認する。図-3は、タクシーの場合に、被験者に示した説明と質問である。また、この質問に対する回答を表-4に示す。

表-4より、バスとタクシーでは、バスの方がサービス継続のための税負担に理解が得られやすいことが分かる。例えば、バスは1回目の質問で46.8%の賛同を得ているが、タクシーは28.1%しか賛同を得られていない。また、1回目の回答が2回目強く影響していることが分かる。例えば、バス継続に対する質問に対して、1回目で“支払わない”と回答した被験者は、税額が半額になったにもかかわらず高い確率で支払わないと回答している。これはタクシー継続に関する質問でも見て取れる。したがって、分析においては、この2回の質問に対する回答の間に強い相関が存在することに留意する必要がある。

5. 推定結果と考察

(1) バス・タクシー利用頻度モデル

タクシーおよびバスの利用頻度モデルの構築には、前節で示したアンケート項目IV.の回答を利用する。頻度の単位は、1か月あたりの利用回数としている（往復で利用すれば2回とする）。また、利用料金に対する抵抗をできるだけ感度よく推定するため、現在の料金が半額

表-4a バス継続のための追加的税負担に対する回答

	支払う	支払わない
200円	53.0%	47.0%
500円	46.2%	53.8%
1000円	41.0%	59.0%
計	46.8%	53.2%

<1回目で“支払う”>

	支払う	支払わない
400円	65.9%	34.1%
1000円	52.4%	47.6%
2000円	44.4%	55.6%
計	55.2%	44.8%

<1回目で“支払わない”>

	支払う	支払わない
100円	29.1%	70.9%
250円	17.5%	82.5%
500円	19.3%	80.7%
計	21.6%	78.4%

表-4b タクシー継続のための追加的税負担に対する回答

	支払う	支払わない
200円	36.9%	63.1%
500円	26.0%	74.0%
1000円	21.5%	78.5%
計	28.1%	71.9%

<1回目で“支払う”>

	支払う	支払わない
400円	58.3%	41.7%
1000円	55.6%	44.4%
2000円	42.6%	57.4%
計	53.4%	46.6%

<1回目で“支払わない”>

	支払う	支払わない
100円	25.9%	74.1%
250円	18.6%	81.4%
500円	16.9%	83.1%
計	20.1%	79.9%

もしくは2倍になった場合（ランダムに設定）の利用頻度も質問しており、これを合わせて使用する。

交通サービス利用頻度モデルの構築では、5つの都市規模を2つに分類した（人口20万人以上（政令指定市・中核市）、人口20万人未満（その他の都市））。さらに、3種類の移動目的と2種類の交通サービスを考慮するため、構築されるモデル数は12である。より詳細な分類が望ましいが、この点は今後の課題とする。

例として、表-5に、通院トリップにおけるバスとタクシー利用頻度モデルの推定結果をそれぞれ示す。最も重要な利用料金のパラメータについて、20万人以上の都市のバスにおいて有意とはなっていない。また、ここでは示していないが、買い物目的や通勤・通学目的では、利用料金のパラメータが有意ではないケースが多くみられた。これは、タクシーやバスなどを利用する場合は、料

表-5 バスとタクシーの利用頻度モデル (通院目的)

交通サービス	バス		タクシー	
	20万人以上	20万人未満	20万人以上	20万人未満
都市分類 (人口)				
定数項(名古屋)	0.714		-0.105	
定数項(静岡, 浜松)	-0.713		-2.80*	
定数項(20-50万人)	-0.397		-2.07*	
定数項(5-20万人)		0.967		1.20
定数項(2-5万人)		0.869		0.573
定数項(2万人未満)		0.916		0.605
男性ダミー	-1.11*	1.04*	-0.814 [Ⓢ]	0.502
40歳未満ダミー	-0.884*	-0.151	-1.34*	
65歳以上ダミー	0.401	-0.235	-0.392	0.372
免許保有ダミー		-0.856	-0.174	-1.06
世帯年収(100万円)	0.0777 [Ⓢ]		0.0825	
バス停距離(km)			0.284*	
バス運行間隔(hr)		-0.493*	0.605	
鉄道駅距離(km)		-0.0294	0.0527	0.0255
ln(OD距離)(km)	0.543*	0.205	1.08*	-0.150
利用料金(1000円)	-1.05 [Ⓢ]	-0.436*	-0.472*	-0.315*
分散パラメータθ	9.57*	11.5*	11.7*	13.5
サンプル数	524	738	524	738
最終尤度	-505.0	-680.8	-394.9	-541.5

[Ⓢ]p<0.1, *p<0.05

金以外の状況的要因の影響が比較的大きいことが一因と考えられる。ただし、その他のパラメータでも有意ではないものが多く、都市分類の細分化と合わせて、モデル精度の改善が必要である。

(2) 追加的税金支払いモデル

追加的税金の支払いに関する意思決定モデルの推定には、アンケート項目V.の回答を用いる。なお、図-3に示したように、毎月の追加的な税金を支払えば対象交通サービス提供が維持されることを伝えているため、 $q'_n = 1$ とする。また、本研究では、V.の説明で示した地域住民の賛否 (C%) は、ここでは考慮しない。

先にも述べたように、二段階二項選択方式によって得られた2回の回答には強い相関があることから、モデル構築にあたっては、2変量2項プロビットモデルを適用する。例えば、2回の質問のどちらにおいても追加的税金の支払いに賛同する確率は以下のように表される。

$$\begin{aligned}
 P_n(\text{pay}_1, \text{pay}_2) &= \Phi_2(V_{1,n}, V_{2,n}, \rho) \\
 &= \int_{-\infty}^{V_{1,n}} \int_{-\infty}^{V_{2,n}} \phi_2(\omega_1, \omega_2, \rho) d\omega_1 d\omega_2
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

ここに、 $\Phi_2(\cdot)$ は2変量正規分布の分布関数、 $\phi_2(\cdot)$ はその確率密度関数、 ρ は2回の回答に対応した誤差項の相関係数、 $V_{1,n}$ ($V_{2,n}$) は1回目 (2回目) の質問における支払う確定効用と支払わない確定効用の差 ($V_{\text{pay},n} - V_{\text{not-pay},n}$) である。

推定結果を表-6に示す。ここでは、簡単のため、都市分類の考慮は、各都市規模固有の定数項を導入するのみ

表-6 追加的税金支払いモデルの推定結果

	バス	タクシー
ln(税額/世帯年収+1) (α)	-0.282*	-0.412*
利用したい時に利用できない負効用 (γ)		
定数項(政令指定市)	-0.312	-12.1
定数項(5-50万人)	-0.192	-1.26
定数項(5万人未満)	-0.147	-12.4
ln(バス停距離+1)(km)	-0.260	0.944
税金を支払うことに対するその他の効用 (βx_n)		
男性ダミー	0.115 [Ⓢ]	
40歳未満ダミー	-0.153*	-0.0917
65歳以上ダミー	0.210*	0.232 [Ⓢ]
免許保有ダミー	-0.0286	-0.290*
ln(世帯年収+1)(100万円)	-0.226	
2回目回答バイアス	-0.260	-0.0982
2回目回答の誤差項の標準偏差	0.702*	1.20
誤差相関	0.636*	0.616*
サンプル数	940	940
修正決定係数	0.0865	0.173

[Ⓢ]p<0.1, *p<0.05

としている。さらに、2回目の回答では被験者の負担によるバイアスや回答精度の低下が懸念されたため、バイアス項および誤差項の標準偏差を導入している (1回目の回答に対する誤差項の標準偏差は1に固定している)。導入可能な各説明変数を、 γ (利用したい時に利用できない負効用) に用いるか、 βx_n (税金を支払うことに対するその他の効用) に用いるかは検討の余地があるが、ここではバス停距離のみを前者の説明変数とした。また、税額には世帯年収で除した値を用いた。

推定結果より、多くのパラメータで有意となっておらず、ここでも都市の分類とともに、モデル精度の改善が必要である。ただし、最も重要な税額のパラメータ α は、バスとタクシーのどちらも有意となっている。このパラメータはタクシーの方が負に値が大きく、タクシーサービス存続に対する追加的税負担の抵抗が大きいために分かる。これは、タクシーが民間事業者であるためと考えられる。

(3) オプション価格、消費者余剰、オプション価値

表-7は、上に示した推定結果を用いて算出した、オプション価格 (OP)、消費者余剰 (CS) およびオプション価値 (OV) を示している。それぞれ、サンプル個人ごとに式(9)、式(11)、式(13)によって算出し、都市分類ごとに平均値を求めている。ただし、使用データでは年齢別サンプル数が均等になっているため、実際の都市に適用した場合は若干異なることに注意が必要である。オプション価値の計算式 (式(13)) 中の q'_n (税負担後のサービス継続確率) は1とし、 q_n (税負担前のサービス継続確率) はアンケートで提示したサービス廃止確率 (A%) から設定している ($q_n = 1 - A/100$)。また、

オプション価値は、消費者余剰を超えた価値であるため、消費者余剰の方がオプション価格より大きい場合 ($OP_n < (q'_n - q_n)CS_n$ の場合) は、オプション価値が存在しない、つまりゼロとしている。

表より、消費者余剰の平均値がオプション価格の平均値よりかなり大きいことが分かる。これは、消費者余剰が非常に大きく計算されるサンプルが含まれていることが主な理由である。利用頻度モデルにおいて、料金抵抗のパラメータがより高い感度で推定できれば、消費者余剰は小さく計算されると考えられるが、その場合でも、多くのサンプルで消費者余剰の方が大きくなると予想される。これは、多くの市民がバスやタクシーの利用から比較的高い消費者余剰を受けていることと、サービスの存続にそれ以上の価値を見出していないためである。ただし、個人によってはオプション価値が消費者余剰より高いため、オプション価値の平均値はゼロにならない場合がある。

バスのオプション価格 (OP) は、大都市ほど高い傾向がみられる。つまり、大都市ほどバスの価値を高く評価している。一方で、消費者余剰 (CS) は、小さな都市ほど高くなっている。これは、利用料金が低いにもか

かわらず、バスの利用頻度が比較的高いためである。このため、オプション価値 (OV) は規模の大きな都市で高い値が得られている。特に、中核市では高いオプション価値が得られており、バスサービスの継続に対する価値が高く評価されている。

タクシーのオプション価格は低く、サービスに対する評価は高くないことが分かる。また、消費者余剰は名古屋で非常に高くなっている。これは、高い料金でも利用頻度が比較的高いためである。オプション価値は人口 5 万人~20 万人の都市でのみ得られている。本研究で使用したデータでは、その他の都市のサンプルでタクシーのオプション価格がその消費者余剰を超えていなかった。各モデルの精度向上により、より信頼性の高い算出が必要である。

表-8は、年代別の計算結果である。バスに着目すると、年齢の上昇とともにオプション価格とオプション価値が高くなる。都市別には大都市ほどオプション価値が高かったことから、都市部の高齢者ほどバスサービス継続に対する評価が高いことが分かる。タクシーのオプション価格は年齢の上昇とともに高くなる。オプション価値は 50 歳代においてのみ得られている。

表-7 都市規模別のオプション価格 (OP) , 消費者余剰 (CS) , オプション価値 (OV) の計算結果

(a) バス (単位: 円/人月)

都市規模	平均OP	平均CS	平均OV
政令指定市 (名古屋)	1,469	14,052	79
政令指定市 (静岡, 浜松)	1,042	5,744	125
中核市 (人口20~50万人)	1,608	15,772	298
その他 1 (人口5~20万人)	901	32,003	1
その他 2 (人口2~5万人)	952	36,265	0
その他 3 (人口2万人未満)	788	33,423	0

(b) タクシー (単位: 円/人月)

都市規模	平均OP	平均CS	平均OV
政令指定市 (名古屋)	10	34,024	0
政令指定市 (静岡, 浜松)	7	7,365	0
中核市 (人口20~50万人)	129	18,845	0
その他 1 (人口5~20万人)	264	19,612	42
その他 2 (人口2~5万人)	5	18,849	0
その他 3 (人口2万人未満)	1	10,411	0

6. おわりに

本研究では、利用頻度の低い交通サービスとして、バスとタクシーを取り上げ、その価値をオプション価格、消費者余剰、オプション価値の観点から評価することを試みた。特に、このような交通サービスの利用行動は、パーソントリップ調査などからは分析が困難な場合があ

表-8 年齢別のオプション価格 (OP) , 消費者余剰 (CS) , オプション価値 (OV) の計算結果

(a) バス (単位: 円/人月)

年齢	平均OP	平均CS	平均OV
20歳代	282	28,793	0
30歳代	325	20,201	0
40歳代	1,318	25,094	85
50歳代	1,318	25,365	79
60歳代以上	2,173	29,035	194

(b) タクシー (単位: 円/人月)

都市規模	平均OP	平均CS	平均OV
20歳代	13	18,863	0
30歳代	15	12,157	0
40歳代	44	21,411	0
50歳代	100	19,707	34
60歳代以上	169	15,485	0

り、利用頻度からその便益を評価する方法を示した。

分析の結果から、バスについては、中核都市以上の規模で特に40歳代以上の市民が、サービスに対して便益以上の価値を認識していることが分かった。一方、タクシーについては、本研究では、オプション価値が得られない例がほとんどであった。本研究ではバスサービスが存在する都市のみを対象としているが、バスサービスが存在しない地域ほどタクシーの存在価値は高いと考えられるため、調査範囲の拡大により、より多くの知見が得られると考えられる。

今後の課題としては、まず第一に、分析モデルの精度向上が挙げられる。特に、交通サービス利用頻度モデルの推定結果は、オプション価格の推定にも影響するため、その精度向上により、より信頼性の高い各種の価値が算出可能となる。また、本研究の分析では、既往研究に倣って1か月単位の消費者余剰や追加的税負担を比較した。しかし、交通サービス継続のための税負担の賛否には、数年以上先のサービス利用を考慮して意思決定することも考えられる。この場合、分析に時間軸を導入し、長期的なサービス利用確率を考慮した分析がより望ましいと考えられる。

謝辞：本研究はJSPS科研費16K12825の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 森尾淳：中山間地域の交通実態把握に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，No.39，CD-ROM，2009。
- 2) Weisbrod, B.A.: Collective-Consumption Service of Individual-Consumption Goods, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 78, No. 3, pp. 471-477, 1968.
- 3) Brookshire, D.S., Eubanks, L.S. and Randall, A.: Estimating Option Prices and Existence Values for Wildlife Resources, *Land Economics*, Vol. 59, No. 1, pp. 1 - 15, 1983.
- 4) Smith, V.K.: Supply Uncertainty, Option Price, and Indirect Benefit Estimation, *Land Economics*, Vol. 61, No. 3, pp. 303 - 307, 1985.
- 5) Freeman III, A.M.: Uncertainty and Option Value in Environmental Policy, In Miles et al. (eds.), *Natural Resources Economics and Policy Applications*, pp. 251-271, 1986.
- 6) Smith, V.K.: Nonuse Values in Benefit Cost Analysis, *Southern Economic Journal*, Vol. 54, No. 1, pp. 19 - 26, 1987
- 7) Roson, R.: Social Cost Pricing when Public Transport is an Option Value, *Innovation*, Vol. 13, pp. 81 - 94, 2000.
- 8) Roson, R.: Assessing the Option Value of a Publicly Provided Service: The Case of Local Transport, *Urban Studies*, Vol. 38, No. 8, pp. 1319 - 1327, 2001.
- 9) 湧口清隆，山内弘隆：交通サービスにおけるオプション価値の理論と現実，運輸政策研究，Vol. 5, No. 3, pp. 2 - 12, 2002.
- 10) Humphrey, M. and Fowkes, A.S.: The significance of indirect use and non-use values in transport appraisal, *International Journal of Transport Economics*, Vol. 33, No. 1, pp. 17-35, 2006.
- 11) Geurs, K.T., Haaijer, R. and van Wee, B.: The option value of public transport: Methodology for measurement and case study for regional rail links in Netherlands, *Transport Review*, Vol. 26, No. 5, pp. 613 - 643, 2006.
- 12) 川端光昭，松本昌二，佐野可寸志，土屋哲：LRT・地方鉄道を対象とする表明選好法によるオプション価値測定とプロジェクト評価，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 67, No. 5, pp. L45 - L56, 2011.
- 13) Bristow, A.L., Hopkinson, P.G., Nash, C.A. and Wardman, M.: Use and non-use benefits of public transport systems – What is their relevance, Can they be valued?, *Selected Proceedings of The 2nd International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport*, pp. 191 - 204, 1992.
- 14) Liard, J., Geurs, K. and Nash, C.: Option and non-use values and rail project appraisal, *Transport Policy*, Vol. 16, pp. 173 - 182, 2009.
- 15) 藤原章正，杉恵頼寧：仮想評価法を用いた低床式路面電車の評価，都市計画論文集，Vol. 35, pp. 577 - 582, 2000.
- 16) 大井孝通，高野伸栄，加賀谷誠一：地方都市におけるCVMを用いた路線バスの評価に関する研究，土木計画学研究・論文集，No. 17, pp. 751 - 756, 2000.
- 17) 松中亮治，谷口守，片岡洸：LRTが有する総価値およびその価値構成に関する研究—富山・ミュールーズを対象として—，土木計画学研究・講演集，No. 38, CD-ROM, 2008.
- 18) 大山英朗，三寺潤，川上洋司：沿線住民の認識を通じた地方鉄道の価値に関する研究—えちぜん鉄道を事例として—，都市計画論文集，Vol. 47, No. 3, pp. 319 - 324, 2012.
- 19) Williams, H.C.W.L.: On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit, *Environment and Planning A*, Vol. 9, pp. 285 - 344, 1977.
- 20) 加藤浩徳，家田仁：ロジットモデルを前提とする場合における交通プロジェクトの利用者便益計測手法の再検討，土木計画学研究・講演集，No. 34, CD-ROM, 2003.
- 21) 例えば，Grogger, J.T. and Carson, R.T.: Models for truncated counts, *Journal of applied econometrics*, Vol. 6, pp. 225-238, 1991.

(2017. **. ** 受付)

PRELIMINARY STUDY ON OPTION VALUE OF BUS AND TAXI

Tomio MIWA, Xun ZHENG, Toshiyuki YAMAMOTO and Takayuki MORIKAWA