

【論文】

SP データの利用による時間価値の推定と トラベルコスト法への適用

赤沢克洋*・岡本裕介**

要旨

TCMにおいて旅行時間の費用への換算率(時間価値)を設定することは、重要な問題である。この問題に対する既存研究の主なアプローチは、時間価値を賃金率に基づいて設定するものである。しかし、このアプローチが移動における快適度・疲労度といった時間に対する旅行者の選好を反映しているとは言い難い。

本稿の目的は、このような旅行時間の費用化の問題を解消するために、旅行者の時間への選好を反映した時間価値を設定する方法を提案することである。この目的のために、本稿では次の2つのアイデアを提示した。第1に、旅行費用に対する旅行時間の限界代替率を時間価値として利用すること、第2に、多重共線性を回避するために、これらのパラメータ推定にSPデータを利用することである。

さらに、これらのアイデアをDCTCMとCEとを並行および同時推定するモデルに適用し、実証分析を行った。その結果、これらのモデルへの適用可能性が示された。

キーワード

SP データ, RP データ, 時間価値, トラベルコスト法, 選択実験

1. 研究の背景と目的

環境評価手法は、顕示選好(Revealed Preference: RP)モデルと表明選好(Stated Preference: SP)モデルに大別される。RPモデルの代表的なものとしてはヘドニック価格法やトラベルコスト法(Travel Cost Model: TCM)があげられ、SPモデルとしては選択実験(Choice Experiments: CE)をはじめとするコンジョイント分析や仮想評価法(Contingent Valuation Method: CVM)などがある。

一般に、RPモデルとSPモデルを比較すると、データの信頼性に関して実行動データ

を用いるRPモデルは高く、仮想行動データを用いるSPモデルは低い。また、RPモデルはデータ間の多重共線性の影響を受けやすいのに対し、SPモデルはこれを回避することができる。このようにRPモデルが実行動データを用い、SPモデルが仮想行動データを用いるということに起因して、RPモデルとSPモデルは補完的な利点と欠点を持つ。そこで交通工学の分野において、特にランダム効用アプローチに基づくRPモデルとSPモデルに対して、これらのモデルを結合することで両モデルの欠点を補完するモデル(RP-SP結合モデル)が提案されている(Ben-Akiva and Morikawa[4], 森川・Ben-Akiva[18])。

さて、今日までレクリエーションの価値を推定する試みが、国内外の多くの研究者によってなされてきた。近年、CVMやCEと

* 島根大学生物資源科学部

〒690-8504 松江市西川津町1060 (大学)

** 凸版印刷(株)

〒553-8530 大阪市福島区

海老江3-22-61 (勤務先)

いった SP モデルを適用する試みが注目されてきており、さらに、Adamowicz, Louviere and Williams[1], Adamowicz *et al.*[2], Haener, Boxall and Adamowicz[11]らは RP-SP 結合モデルをレクリエーション需要の推定に適用している。しかし、その研究蓄積や手法の特質などを考えると、レクリエーション需要推定における最も主要な手法は、TCM だといえる。

TCM は枚挙に暇がないほど多くの実証研究を通して、その問題点が指摘され、また改良されてきた。しかし、現在でもいくつかの問題点や課題が残されている。すなわち、多目的・多行動レクリエーションの取り扱い、サイトで過ごす時間の取り扱い、旅行時間の費用化、離散選択トラベルコスト法(Discrete Choice Travel Cost Model: DCTCM)における多重共線性などである(Cameron[6], Garraod and Willis[10], Randall[19])。

これらの問題のなかで、旅行時間の費用化はレクリエーション評価研究の初期段階から今日まで多くの研究者によって取り組まれてきた重要な問題である。旅行時間を費用化するために必要なのは、旅行時間の費用への換算率、すなわち時間価値である。したがって、旅行時間の費用化の問題は、この時間価値をいかに設定すればよいのかという問題に帰着する。そこで、いくつかの設定方法が提案されているが、主たる方法は、旅行に費やすことで犠牲になった賃金を用いるという機会費用の考え方を基礎としたものである。しかし、この方法は旅行者の移動における快適度・疲労度といった時間に対する選好を反映しているとは言い難い。

そこで本稿では、旅行時間の費用化の問題を解消するために、旅行時間を費用換算する際に CE によって推定される旅行費用に対する旅行時間の限界代替率を利用するという方法を提示する。この方法は種々の TCM への適用が想定されるが、本稿ではランダム効用

アプローチに基づく TCM である DCTCM への適用を取り上げ、その可能性を検証する。さらに、DCTCM と CE をベースとした RP-SP 結合モデルの枠組みにこの方法を組み込むことを試みる。具体的には、内部で時間価値の収束計算を行う RP-SP 結合モデル(時間価値の内生的推定構造を持つ RP-SP 結合モデル: Iterative Combined Model: ICM)を提示し、その適用可能性を検証する。

2. RP モデル, SP モデル, RP-SP 結合モデルの特徴

2.1 離散選択トラベルコスト法

一般に、レクリエーションサイトへの訪問率は、旅行費用が増加するにつれて低下する。この関係を利用して特定のレクリエーションサイトへの旅行費用と旅行頻度からレクリエーションの需要関数を導くというのが TCM の基本的なアイデアである。TCM は個人の経済行動を集計して取り扱う集計型モデルと個人需要関数に基づく非集計型モデルに大別される(竹内[21])。集計型モデルとしては、ゾーン型トラベルコスト法(Zonal Travel Cost Model: ZTCM)があり、非集計型モデルとしては、個人トラベルコスト法(Individual Travel Cost Model: ITCM)と DCTCM がある。また、評価対象の観点からみると、ZTCM や ITCM が特定のサイトを対象としており、DCTCM が複数の異なった特性を持つサイトを対象としている。

本稿で扱う DCTCM は、実際に行った選択活動から個人の選好を推定する方法であり、Adamowicz *et al.*[2], Feather and Shaw[9], 萩原・萩原[12], Kaoru, Smith and Liu[14]など、多くの適用事例がある。具体的な手順としては、まず利用可能な複数のレクリエーションサイトを提示し、それぞれについて訪れた経験があるかどうかを尋ねる。そして、個人が選択可能な選択肢(複数のサイト)

の中から最も好ましい選択を行っているとは仮定し、条件付きロジットモデルを利用してレクリエーションに対する効用関数を推定する。

DCTCMの特徴としては、データが実際の行動に基づくため、その信頼性が比較的高いことがある。また、伝統的なTCMとの比較の上でのDCTCMの利点は次の3点に集約できる(Garraod and Willis[10], 竹内[21])。第1に、異なるレクリエーションタイプ、または異なるレクリエーションサイトに対する選好を測定できることである。第2に、レクリエーションの価値を属性ごとに評価できることである。第3に、CVMやコンジョイント分析と同じくランダム効用理論に基づいているため、SPモデルと統一的な枠組みで評価できることである。

他方、DCTCMを含むTCMの問題点も指摘されている。すなわち、多目的・多行動レクリエーションの取り扱い、サイトで過ごす時間の取り扱い、代替サイトの定義などである。このような問題点の中で本稿が注目するのは、次の2つである。第1の問題はDCTCMにおける多重共線性である。多重共線性は説明変数が強い相関関係を持つときに生じ、DCTCMでは旅行時間と旅行費用との共線性が特に問題となる。より具体的に述べると、実行データでみられるように旅行時間と旅行費用に強い共線関係がある場合には、2変数のパラメータを推定するに足る情報量を確保することができない。

第2の問題は旅行時間の費用化である。TCMでは旅行時間を費用換算したものと実際の旅行費用との和を旅行費用(一般化費用)として見なすことが一般的である。

$$x_g = x_c + \tau \times x_t \quad (1)$$

ただし、 x_g は一般化費用、 x_c は実際の旅行費用、 x_t は旅行時間、 τ は旅行時間を費用換算するときの換算率である。このとき換算率 τ の設定が問題となる。ここで本稿では、旅行時間の換算率を時間価値とよび、旅行時間を

費用換算したものを総時間費用とよぶ。

2.2 選択実験

CEは仮想的な状況における選択行動から個人の選好を推定する方法であり、水辺レクリエーションを対象としたAdamowicz, Louviere and Williams[1], ハンティングを対象としたAdamowicz *et al.*[2], Haener, Boxall and Adamowicz[11], 釧路湿原の生態系を対象とした栗山[15]などの多くの適用事例がある。CEでは、評価対象をさまざまな属性と水準により構成されたプロファイルで表現した上で、回答者に現状を含む複数のプロファイル(選択集合)を提示し、一番好ましいプロファイルを選んでもらうといったアンケートを行う。そして、得られた離散選択データを条件付きロジットモデルで処理する。

CEの特徴としては、次の3点が挙げられる。第1に、実行データではなく表明選好データを用いるため仮想的な状況における評価ができる。これは、実行データと比較して広範囲なデータ利用が可能であることを意味している。第2に、属性水準データを直交に配列して生成することにより、属性(説明変数)間の相関を低くすることができ、多重共線性の問題を回避することができる。第3に、貨幣に対する限界代替率を計算することにより、評価対象の価値を属性単位で算出できることである。

一方、CEの問題点の1つは、SPモデル全般に指摘されているものである。すなわち、SPモデルが仮想状況下での選択データを用いるので、評価結果の信頼性がRPデータを用いたものよりも低いとの指摘である。しかし、多くの理論・事例研究を通して、サーベイデザインをはじめとする手法全般が洗練されてきており、その信頼性は向上してきている。

2.3 RP-SP 結合モデル

本稿で取り上げる RP-SP 結合モデルは、その基になる RP モデルと SP モデルのデータ処理形式がランダム効用理論に依拠している。したがって、RP モデルと SP モデルを同一の枠組みで捉えることができる。このことを別の見方をすると、RP-SP 結合モデルの要点は、モデルを結合していることではなく、特性の異なる RP データと SP データをプールすることにあるといえる。すなわち、RP データは実行データ、SP データは仮想的な状況に対する選択データであり、両データをプールすることによって両データの欠点を補完することができる。

RP-SP 結合モデルの利点として、Adamowicz, Louviere and Williams[1], Adamowicz *et al.*[2], Ben-Akiva and Morikawa[4], 森川・Ben-Akiva[18]は次の4点を指摘している。第1に、RP と SP の両データを同時に利用することにより、統計的有効性を高めることができる。第2に、SP データの利用によって、RP データのみからは同定できない全く新しいサービスに関するパラメータの推定や、実行データを超えての領域の推定が可能となる。第3に、SP データのスケールを RP データに揃えることで、SP モデルの推定結果の信頼性をより高めることができる。第4に、多重共線性の影響により RP モデルで生じる情報の不足を SP モデルと結合することで補うことができる。

3. 推定モデル

3.1 条件付きロジットモデル

ある個人 i の選択肢 j に対する効用 U_{ij} を確率的に捉える。すなわち、効用 U_{ij} が観察可能な確定項 V_{ij} と観察不可能な誤差項 ε_{ij} に分けられるとすると、効用 U_{ij} は、以下のように定式化される。

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij}. \quad (2)$$

このとき、ある個人が選択集合 C の中から選

択肢 k を一番望ましいものとして選ぶ確率 $Prob(k)$ は、 k を選んだときの効用 U_{ik} がその他の選択肢 z を選んだときの効用 U_{iz} よりも大きくなる確率であるから、 $Prob(k)$ は以下の式で示される。

$$Prob(k) = \frac{Prob(U_{ik} > U_{iz}, \forall z \in C, \forall z \neq k)}{Prob(V_{ik} - V_{iz} > \varepsilon_{iz} - \varepsilon_{ik}, \forall z \in C, \forall z \neq k)}. \quad (3)$$

ここで、(2)式の誤差項が独立かつ同一の Gumbel 分布に従うとき、(3)式は次式となる (McFadden[17])。

$$Prob(k) = \frac{\exp(\lambda V_{ik})}{\sum_{j \in C} \exp(\lambda V_{ij})}. \quad (4)$$

ただし、 λ はスケールパラメータであり、通常 1 に標準化される。そして、効用の確定項 V を何らかの関数で置き換え、尤度最大化問題を解くことにより効用関数が同定される。

このような条件付きロジットモデルを適用することにより、CE および DCTCM において、効用関数を同定することができる。CE では、 n 個のプロファイルで構成される選択集合 C^s から回答者がプロファイル k を一番望ましいとして選ぶ確率 $Prob^s(k)$ は、

$$Prob^s(k) = \frac{\exp(\lambda^s V_{ik}^s)}{\sum_{j \in C^s} \exp(\lambda^s V_{ij}^s)} \quad (5)$$

となる。ここで、 V^s は CE から得られる効用関数のうち観察可能な部分である。

DCTCM では、複数の選択可能なレクリエーションサイト C^R を特定し、その中から過去に行ったことがあるサイトを選択してもらう。選択集合の構成には多くのバリエーションがあるが、本稿では、個人が選択行動をとるときの最も現実的な状況を想定し、選択集合は「特定サイトに行く」と「そこに行かない」の二肢から構成されるとする。さらに、各サイトの属性と属性水準を与えることにより、CE と同一のフレームワークになる。ここで、ある個人 i が「特定サイト k に行く」場合と「そこに行かない」場合の効用の確定項をそれぞれ V_{ik}^R , V_{i0}^R とすると、特定サイト

k を選択する確率 $Prob^R(k)$ は,

$$Prob^R(k) = \frac{\exp(\lambda^R V_{ik}^R)}{\exp(\lambda^R V_{ik}^R) + \exp(\lambda^R V_{i0}^R)} \quad (6)$$

となる。

3.2 RP-SP 結合モデル

一般に、効用の確定項は、財から得られる効用が各属性から得られる部分効用の和として表される主効果モデルによって定式化される。そこで、CE および DCTCM における効用の確定項を

$$V_j^S = \sum_{s \in S} \alpha_s x_{sj} + \sum_{l \in L} \alpha_l x_{lj} \quad (7)$$

$$V_j^R = \sum_{r \in R} \beta_r x_{rj} + \sum_{l \in L} \beta_l x_{lj} \quad (8)$$

と定式化する。ただし、集合 S は CE のみで用いられる属性の集合、集合 R は DCTCM のみで用いられる属性の集合、集合 L は CE と DCTCM における共通な属性の集合である。ここで、旅行費用と旅行時間の属性は、DCTCM でこれらの変数が推定されれば、共通属性となる。このとき、共通属性のパラメータが $\lambda^S \cdot \alpha_l = \lambda^R \cdot \beta_l$ なる関係を有しているので、そのスケール比率 $\lambda = \frac{\lambda^S}{\lambda^R}$ を利用すると、RP-SP 結合モデルにおける効用の確定項 V^{COM} は、次式で表される。

$$V_j^{COM} = \lambda \sum_{s \in S} \alpha_s x_{sj} + \sum_{r \in R} \beta_r x_{rj} + \sum_{l \in L} \gamma_l x_{lj}. \quad (9)$$

ただし、 $\gamma_l = \lambda \cdot \alpha_l = \beta_l$ である。このとき、選択肢 k の選択確率は以下で表される。

$$Prob^{COM}(k) = \frac{\exp(V_{ik}^{COM})}{\sum_{j \in C^S} \sum_{j \in C^R} \exp(V_{ij}^{COM})}. \quad (10)$$

4. 時間価値の推定方法

4.1 必要性

Cesario and Knetsch[7]は、TCM を用いた比較的初期のレクリエーション評価研究において「(総) 時間費用を計上しない TCM は、価格変化の影響を過大評価し、消費者余剰を過小評価してしまう」と述べており、

TCM における旅行時間の重要性について言及している。そこで、Cesario[8]は旅行時間と時間価値の積(総時間費用)と旅行費用とを足すことで一般化費用とする方法を用いている。その後、多くのレクリエーション評価においてこのような一般化費用を用いた評価が行われており、現在のところ総時間費用を考慮に入れることについては概ね合意が存在する。

CE では、旅行時間と旅行費用のどちらも効用関数の属性変数として独立に取り扱うことで旅行時間を考慮することができる。つまり、旅行時間を直接的に評価に組み込むことができ、旅行時間を費用換算する必要はない。DCTCM においても変数として旅行時間と旅行費用を組み込むことが形式的には可能であるため、旅行費用を費用換算する必要がないと考えられる。しかし、実際には DCTCM において旅行時間と旅行費用の両方を効用関数の属性変数とすることには注意を要する。なぜなら、CE では直交主効果デザインにより作成した仮想データを用いるため多重共線性が生じないが、実行データを用いる DCTCM では旅行時間と旅行費用に多重共線性が生じ、評価の信頼性を低くする恐れがあるためである。したがって、Feather and Shaw[9]、萩原・萩原[12]、Kaoru, Smith and Liu[14]など DCTCM の適用事例においても一般化費用が用いられている。

4.2 推定事例

総時間費用の推定は、(1)式における時間価値 τ をどのように設定するかという問題に帰着する。既存研究において、この時間価値 τ の推定方法は、大きく3つに分けることができる。第1は賃金率を基にしたものであり、第2は旅行時間と旅行費用の限界代替率を推定したもの、第3はモデルに最も適合するように内生的に推定したものである。

第1の方法は、旅行に時間を費やすことで

犠牲になった賃金を時間価値 τ とするといった機会費用の考え方を適用している。この方法を最初に提示したのは Cesario [8] であり、彼は個人が労働時間外に時間を節約するために支払っても良いと感じる金額として時間価値 τ の算出を行っている。このとき、交通工学分野における交通費と移動時間との関係から、時間価値 τ は平均賃金率の25%から50%であると結論づけている。また、実際のレクリエーション評価においては、時間価値 τ を便宜的に平均賃金率の1/3と設定している。その後の研究では時間価値として平均賃金率の1/3を用いているもの（例えば、佐藤・増田[20]）や平均賃金率と時間価値を等しいとしたもの（Adamowicz *et al.*[2]、萩原・萩原[12]など）がある。

平均賃金率は、回答者に収入を尋ねることで正確に算出されるが、収入は拒否回答が多いため、回答者から正確な収入の情報を得ることは困難である（佐藤・増田[20]）。そのため、実際には対象地域の平均賃金率が用いられている例が多い。そこで、Kaoru, Smith and Liu[14]はヘドニック賃金モデルにより回答者毎の賃金の推定を行っている。すなわち、ヘドニック賃金モデルを用いることで、比較的回答しやすい個人情報から回答者毎の収入を算出することを目的としている。

賃金率を基にした推定法では、収入の無い老人や子供については労働者と区別した事例もある。例えば、Cesario [8]は12歳以下の子供に対しては大人の時間価値の1/4としている。また、Adamowicz *et al.*[2]は、もしレクリエーション活動(ハンティング)を行っていた間に仕事をすることができたならば全ての給料、そうでなければゼロとしている。

第2の方法として、McConnel and Strand [16]は、賃金率を用いずにデータから時間の潜在価値（旅行費用に対する旅行時間の限界代替率）を直接推定することを提案している。この方法を基に、藤本[13]は実行動データか

ら限界代替率を計算している。しかし、この方法は実行動データを利用するので、旅行時間と旅行費用の変数間に多重共線性が生じるという問題点を含んでいる。

第3の方法は、DCTCMにおいて時間価値をも説明変数と見なして、時間価値をモデルへの適合が最大となるような値として推定するものである（Bateman *et al.*[3]）。これは上述の2つの方法のように時間価値を外生的に与えるのではなく、内生的に同時算出を行っているものであるが、推定された時間価値の意味づけが説得的ではない。

4.3 限界代替率による時間価値の推定とDCTCMへの適用

時間価値の推定に何を使えばよいのかを判断する基準としては、データ入手の容易さや推定における簡便性の高さといった操作性、推定されたパラメータの有意性やモデルの適合度といった統計的効率性などが考えられる。しかし、より本質的な判断基準は、時間価値の持つ意味を反映しているかどうかであり、操作性や統計的効率性といった基準は実行可能性を判断しているにすぎず、二次的なものである。

ここで、時間価値の持つ意味を検討するために、単純な例を考える。例えば、非常に長い旅行時間がかかると疲れるので行くのをためらうということや、余りにも近い場合には移動する喜びが得られないので行かないといったような状況は、すべての人にとってあてはまるとはいえないまでも、かなり一般的である。すなわち、旅行者があるサイトへ行くか行かないかという選択がレクリエーションサイトの施設内容や旅行費用の高低だけでなく、移動時における快適度や疲労度などから判断されており、また、旅行時間が快適度や疲労度を決定づける大きな要因であると考えられることは自然である。

さらに、同じ旅行時間でも疲れる人もいれ

ば、リフレッシュできる人もいるように、旅行時間と疲労度・快適度の関係は人にとって一様ではない。また、同行する人の構成、移動手段、移動ルートといった旅行時間の質によっても疲労度・快適度は異なる。例えば、Winston[22]は交通手段の違いによって時間価値が賃金の6%から178%まで開きがあるという観測結果を示している。

以上から、旅行時間は快適度や疲労度といった移動に対する個人の選好と密接な関係があり、旅行時間を費用換算する場合には、このような選好を反映させる必要がある。このような考え方に立つと、第1の方法のように時間価値を賃金率で代用することに対しては疑問が生じる。また、第3の方法では、推定された時間価値がその本来の意味に裏打ちされたものではない。

そこで本稿では、時間価値を旅行費用に対する旅行時間の限界代替率として求めるという方法をとる。すなわち、旅行費用と旅行時間のパラメータをそれぞれ α_c 、 α_t とすると、時間価値は

$$\tau = \frac{\alpha_t}{\alpha_c} \quad (11)$$

として算出される。これは第2の方法と近いが、限界代替率を推定するのにCE(SPデータ)を利用する点が異なる。すなわち、SPデータの利用によって旅行時間と旅行費用との多重共線性が回避されるので、第2の方法と比較して信頼性の高い限界代替率(時間価値)が推定される。

上記の方法で算出される時間価値は、ZTCM、ITCM および DCTCM への適用が想定される。推定の流れは次の通りである。まず、RPデータとSPデータを収集する。次に、SPデータから時間価値を推定する。ここでCEでの効用の確定項は、

$$V_j^s = \sum_{s \in \text{SUL}, s \neq t, s \neq c} \alpha_s x_{sj} + \alpha_t x_{tj} + \alpha_c x_{cj} \quad (12)$$

である。このとき、多重共線性の影響が回避

されるため、 α_t と α_c の推定が可能である。次に、推定された時間価値を用いて、RPデータの旅行時間と旅行費用のデータセットから一般化費用を算出する。最後に、推定された一般化費用を加えたRPデータを処理して、レクリエーション需要をモデル化する。本稿では、DCTCMへの適用を取り上げるが、推定の流れはTCMで共通である。

4.4 時間価値の内生的推定構造を持つRP-SP結合モデル

DCTCMへの適用では、SPデータが時間価値の推定にしか使われず、無駄が多い。そこでSPデータの情報を有効に活用するために、RPデータとSPデータを同時に用いるRP-SP結合モデルの利用が考えられる。

ここで、RP-SP結合モデルでは、旅行時間と旅行費用との多重共線性の影響が緩和されるので、一般化費用を用いる必要性があまりない点に注意が必要である。すなわち、属性変数に旅行時間と旅行費用を共に含んだRP-SP結合モデルでレクリエーション需要を推定すればよい。一方で、事例分析では推定の信頼性の点で多重共線性が十分緩和されているとの文脈の中で、多重共線性の影響は緩和されるが完全に取り除かれるわけではないとの指摘がある(Adamowicz, Louviere and Williams[1])。つまり、多重共線性の回避はその程度が問題となり、事例によっては多重共線性があまり緩和されない可能性がある。

以上から、旅行時間の属性変数としての取り扱いに関して、RP-SP結合モデルの枠組みの中では2通りの方法がある。これは旅行時間と旅行費用との多重共線性の回避程度に依存する。第1は、多重共線性の回避程度が高いケースであり、旅行時間を属性変数としてRP-SP結合モデルに組み込む方法である。第2は、多重共線性の回避程度があまり高くないケースであり、一般化費用をRP-SP結合モデルに組み込む方法である。したがって、

第1の方法を試行して不十分なときに第2の方法が必要となるといえる。この必要性のために、以下では第2の方法を提案する。このとき当然ながら、時間価値として旅行費用に対する旅行時間の限界代替率を利用する。

第2の方法としては、あらかじめSPデータ単独で時間価値を推定しておき、RP-SP結合モデルを実行するという方法が考えられる。本稿では、さらにRP-SP結合モデルの内部で繰り返し時間価値を算出し、この時間価値を用いてモデルを再推定する。これが時間価値の内生的推定構造を持つRP-SP結合モデル(Iterative Combined Model: ICM)であり、以下の手順で実行される。

- Step 1. SPデータを条件付きロジットモデルで処理し、旅行費用に対する旅行時間の限界代替率を算出する。これを時間価値の初期値 τ_0 とする。
- Step 2. 時間価値 τ_0 を用いて、RPデータ部の一般化費用を算出する。
- Step 3. RP-SP結合モデルの推定を行う。
- Step 4. RP-SP結合モデルで推定された旅行時間と旅行費用のパラメータから時間価値を算出する。これを τ_n とする。
- Step 5. $\tau_n = \tau_{n-1}$ ならば、終了。そうでないならば、Step 2に戻り、時間価値を τ_n に更新する。

詳述すると、Step 1における効用の確定項は、(12)式でありSPデータを用いて推定される。これにより、時間価値が推定でき、さらに、RPデータの旅行時間と旅行費用のデータセットから一般化費用が算出できる。

Step 3における効用の確定項は、旅行時間と旅行費用をSPデータのみの属性、一般化費用をRPデータのみの属性として、次のように定式化される。

$$V_j^{COM} = \lambda \sum_{s \in S, s \neq t, s \neq c} \alpha_s x_{sj} + \lambda \alpha_t x_{tj} + \lambda \alpha_c x_{cj}$$

$$+ \sum_{r \in R, r \neq g} \beta_r x_{rj} + \beta_g x_{gj} + \sum_{l \in L} \gamma_l x_{lj} \quad (13)$$

次に、時間価値を再計算して一般化費用 x_g のデータを更新し、時間価値が収束するまで(13)式を繰り返し推定する。

5. データ

用いたデータは、2000年夏期に行った「森林レクリエーションに関するアンケート調査」に基づいている。アンケート対象者は、大阪市、高槻市、富田林市、泉南市、阪南市の住民である。アンケート調査では、日帰り圏内にある森林レクリエーションを評価対象とした。なお、特定サイトを対象としたアンケートではない。アンケート構成は、まず個人属性(居住地、性別、年齢、職業)に関する質問をした後、DCTCMの質問を行っている。次に、CEの質問例を提示しながら回答方法や属性の特徴に関して説明した後、8問のCEの質問を提示している。

DCTCMの質問は、近畿圏で日帰りが可能な11のレクリエーションサイトを提示し、その中から過去5年間に行ったことがあるサイトを選択してもらうものである。また、収集されたDCTCMのアンケートデータを条件付きロジットモデルで処理するためには、各森林レクリエーションをプロファイル化する必要がある。そこで、実地調査により選択行動に関係がある属性とその現状の水準に関する客観的なデータを収集した。実地調査に基づき、プロファイルに用いる属性として遊歩道、デイキャンプ、レストラン・売店、アスレティック、トイレ、人工の水場、旅行時間、旅行費用を設定した。水準に関しては、レストラン・売店があるときには0.6、ないときには0を与え、その他の施設属性には0.6を基準点とする評点(0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0)を与えた。旅行時間の水準は、5つのアンケート配布地域と11のサイトとの往復距離から算出した。この際、高速道路の利用も考慮に入

表1 森林レクリエーションの属性 (CE)

| 属性 | 水準 |
|----------|-----------------------------|
| 遊歩道 | なし (0), あり (0.6) |
| デイキャンプ | なし (0), あり (0.6) |
| レストラン・売店 | なし (0), あり (0.6) |
| アスレティック | なし (0), あり (0.6) |
| 形態 | 山地型, 丘陵型 |
| 旅行時間 (分) | 30, 60, 120, 180 |
| 旅行費用 (円) | 500, 1000, 1500, 3000, 6000 |

れている。また、旅行費用にはガソリン代や高速料金、駐車料金、公共交通乗車料金といった交通費の他に、入場料、アスレティックやデイキャンプ施設の使用料金も含んでいる。

CEの質問は、仮想的な森林レクリエーションをプロフィール化した2つの選択肢と「どちらにも行かない」といった選択肢からなる3肢から選択してもらうものである。CEで用いた質問は次の手順で作成した。まず、森林レクリエーションの属性と水準を設定した(表1)。ここで、DCTCMの水準と整合性を持たせるために、「ない=0, ある=0.6」としている。これらの属性と水準の可能な組み合わせの中から、デザイン効率を考慮して64のプロファイルを作成し、「行かない」というプロファイルを加えた3つの選択肢から構成される選択集合を64組取り上げた。

電話帳データベースにより2197名を無作為抽出し、アンケートを郵送したところ718名から回答を得ることができた。このうち、不完全な回答を行ったあるいはすべての質問に「行かない」と答えた回答者を除外した。その結果、CEでの有効回答者数は618であり、選択集合にミスプリントがあった76サンプルを除くと観測数は4868となった。さらに、DCTCMでは、どのサイトにも行っていない回答者は選択活動を行っていないものとして除外した。その結果、有効回答者数は364人、観測数は4004となった。

6. 分析

6.1 DCTCM への適用

本節では、限界代替率を基にしたものが賃金率を基にしたものと同等の推定精度を持つのかを検証する。すなわち、分析の視角は、時間価値の持つ意味を考えて最良な方法である限界代替率の適用に関する可能性を確認することである。

まず、CEによる2通りの推定を行った(CE1, CE2)。それは、時間価値を回答者共通で算出するケース(CE1)と回答者の特性に応じて算出するケース(CE2)である。後者は、時間価値に対する人々の選好が各個人の特性によって変化するということを想定したものである。ここでは、老若による選好の違いを考慮に入れて、効用関数における旅行時間と旅行費用の項をそれぞれ $(\alpha_t + \alpha_{tage} \cdot x_{agej})x_{tj}$, $(\alpha_c + \alpha_{cage} \cdot x_{agej})x_{cj}$ としている。ただし、 x_{age} は60歳以上 (group o) ならば0, 60歳未満 (group u) ならば1となるダミー変数である。

推定結果を表2に示す。CE2における旅行時間と旅行費用に関するパラメータの推定精度がCE1と比べて若干低いものの、CE1とCE2は概ね似た結果となった。

まず、施設、形態(山地、丘陵)の結果をみると、アスレティックは10%水準で、その他の属性は5%水準で有意に推定された。また、パラメータの符号は、理論上の予想と合致している。

続いて、本稿のねらいである旅行時間と旅行費用のパラメータをみると、その推定精度は高く、時間価値を推定するのに十分な水準であった。また、CE2における年齢ダミー(旅行時間)、年齢ダミー(旅行費用)のパラメータをみると、符号は共にマイナスであり、group uの方が旅行時間と旅行費用に、特に旅行費用にシビアであることがわかる。ただし、年齢ダミー(旅行時間)の推定精度はあまり高くなく、時間価値に対する選好を特徴づける回答者の特性を検討する必要があると

表2 推定結果

| 属性変数 | CE1 | CE2 | TCM1 | TCM2 | TCM3 | ICM1 | ICM2 |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 遊歩道 | 1.015 (10.99) | 1.022 (11.07) | 1.198 (5.904) | 1.543 (7.382) | 1.529 (7.312) | 1.498 (12.62) | 1.492 (12.60) |
| デイキャンプ | 0.408 (5.200) | 0.408 (5.186) | 0.060 (0.220) | 0.368 (1.299) | 0.366 (1.291) | 0.510 (4.870) | 0.506 (4.861) |
| レストラン・売店 | 0.919 (11.88) | 0.923 (11.93) | 0.852 (3.641) | 1.111 (4.662) | 1.107 (4.645) | 1.331 (10.99) | 1.325 (10.98) |
| アスレティック | 0.131 (1.861) | 0.128 (1.822) | 1.082 (2.525) | 2.330 (5.138) | 2.300 (5.085) | 0.317 (3.042) | 0.308 (2.982) |
| トイレ | | | 0.092 (0.359) | 0.078 (0.294) | 0.065 (0.244) | 0.271 (1.410) | 0.255 (1.331) |
| 人工の水場 | | | -2.410 (-4.453) | -3.568 (-6.290) | -3.522 (-6.223) | -1.069 (-3.858) | -1.056 (-3.830) |
| 山地型 | 2.284 (17.39) | 2.296 (17.47) | | | | 3.284 (8.834) | 3.283 (8.864) |
| 丘陵型 | 1.942 (16.73) | 1.948 (16.77) | | | | 2.810 (7.996) | 2.805 (8.025) |
| 旅行時間 | -0.720 (-16.13) | -0.662 (-11.66) | | | | -1.035 (-10.58) | -0.946 (-8.948) |
| 旅行費用 | -0.269 (-13.59) | -0.227 (-8.734) | | | | -0.384 (-9.969) | -0.320 (-7.546) |
| 年齢ダミー (旅行時間) | | -0.227 (-1.630) | | | | | -0.136 (-1.606) |
| 年齢ダミー (旅行費用) | | -0.934 (-2.523) | | | | | -0.101 (-2.454) |
| 一般化費用 | | | -2.745 (-28.03) | -1.492 (-27.71) | -1.476 (-27.49) | -1.161 (-25.37) | -1.171 (-24.62) |
| λ | | | | | | 0.676 (10.59) | 0.682 (10.61) |
| 対数尤度 | -4796.0 | -4790.4 | -1159.7 | -1121.1 | -1123.1 | -5931.2 | -5926.6 |
| 観測数 | 4868 | 4868 | 4004 | 4004 | 4004 | 8872 | 8872 |

注1) () 内は漸近的t値。

いえる。

これらの推定結果より時間価値（旅行費用に対する旅行時間の限界代替率）を算出した。(11)式からCE1では1606.3円となった。また、CE2では時間価値を

$$\tau = \frac{\alpha_t + \alpha_{\text{age}} \cdot X_{\text{age}}}{\alpha_c + \alpha_{\text{age}} \cdot X_{\text{age}}} \quad (14)$$

として計算すると、group u：1531.6円、group o：1747.2円となった。ここでCE2において、group uが旅行時間に関してgroup oよりも

シビアであるのに時間価値が group o > group u となっているのは、group uが旅行時間に対する以上に旅行費用にシビアだからである。

次に、DCTCMによる推定を行った。ここでは、時間価値の設定を変えた3通りの推定を行っている。すなわち、①時間価値 τ = (平均貸金率の1/3) を用いるケース (TCM1)、②時間価値 τ = (CE1で求めた限界代替率) を用いるケース (TCM2)、③時間価値 τ = (CE2で求めた限界代替率) を用いるケース (TCM

3) である。したがって、時間価値として、TCM1では434.3円、TCM2では1606.3円、TCM3では group u には1531.6円、group o には1747.2円を用いている。

DCTCM の3つすべての推定において、デイキャンプとトイレのパラメータが有意に推定されなかった。また、TCM2とTCM3との違いはほとんどなかった。さらにTCM1と比較して、TCM2、TCM3の方がパラメータのt値が概ね高かった。このことから、限界代替率を基にしたものが賃金率を基にしたものと同様以上の推定精度を持つことが示された。

6.2 ICM

前節では、時間価値として旅行時間の限界代替率をDCTCMへ適用することが可能であることを示した。本節では、4.4で提示した時間価値の内生的推定構造を持つRP-SP結合モデル(ICM)を取り上げ、その有効性を分析する。分析の視角は、限界代替率を時間価値として用いるDCTCMをベースとしながらSPデータの情報量の有効利用を図っているモデルとして、ICMを位置づけ、実際にSPデータをプールすることにメリットがあるのかを検証することである。

表2にICMでの推定結果を示す。ここで、ICM1が効用関数に旅行時間と旅行費用の年齢ダミーを含めないもの、ICM2が年齢ダミーを含めるものである。推定の手順をみていくと、Step 1はそれぞれCE1、CE2に対応している。そこで、時間価値の初期値 τ_0 として、ICM1では1606.3円を、ICM2では group u に1531.6円を、group o に1747.2円を用いて一般化費用を算出した(Step 2)。次に、この一般化費用を用いて、RP-SP結合モデルを推定した(Step 3)。次に、再び時間価値を算出し、その収束性を確認した(Step 4, 5)。Step 2からStep 5を繰り返し試行した結果、時間価値がICM1では1617.2円で、ICM2では group u : 1541.8円、group o : 1771.7

円となったとき収束した。

CE1、CE2と同様に、ICM2において旅行時間と旅行費用に関するパラメータの推定精度がICM1と比べて若干低いが、ICM1とICM2は似た結果となった。トイレおよびICM2における年齢ダミー(旅行時間)のパラメータ以外は有意に推定されていた。ここで特筆すべき点は、DCTCMで有意に推定されなかったデイキャンプがICMでは有意に推定されていたことである。CEではデイキャンプのパラメータが有意に推定されていたことから、この結果がSPデータを結合させたことによるものであることがわかる。

7. 結論

本稿の目的は、TCMの問題点の一つである旅行時間の費用化の問題を解消することであった。この問題は、旅行時間の費用への換算率(時間価値)を何に設定して、それをどのように算出するのかという問いに答えることである。そこで、本稿で提示したアイデアは、次の2つである。

- (1) 時間価値として、旅行者の時間に対する選好を反映したもの、すなわち旅行費用に対する旅行時間の限界代替率を利用する。
- (2) 多重共線性の影響を回避するために、旅行時間と旅行費用のパラメータをSPデータから推定する。本稿では、CEを用いて推定した。このことは、旅行時間の費用化の問題の解決のために、RPモデルであるTCMとCEをはじめとするSPモデルを並行あるいは同時に利用することを意味している。

さらに、このアイデアを具体化するために、DCTCMとRP-SP結合モデルへの適用を試み、実証的に分析した。ここで、RP-SP結合モデルへの適用は、SPデータの情報量損失を回避するためであり、適用にあたって、時間価値の内生的推定構造を持つモデル

(ICM)へと改良した。分析から得られた結果は以下の3点である。

- (1) 旅行時間と旅行費用のパラメータをSPデータ(CE)から推定することによって、これらの属性の多重共線性が回避でき、高い精度でパラメータを同定することができた。すなわち、時間価値を高い精度で算出することが可能であった。
- (2) DCTCMへの適用において、時間価値として限界代替率を用いたケースは、賃金率を用いたケースと同等以上の推定精度を持っていた。したがって、DCTCMにおいて時間価値に限界代替率を用いることは可能であった。
- (3) ICMにおいて、DCTCMでは有意に推定されなかったパラメータが有意に推定されていた。これはSPデータを結合させたためであり、時間価値として限界代替率を用いるという枠組みの中で、ICMがSPデータの情報量を有効に利

用していたといえる。

本稿では、時間価値が各個人の特性に応じて変化することを想定して、社会経済変数(年齢ダミー)を組み込み、限界代替率を算出した。しかし、今回行った推定では、その精度は高くなかった。そこで、移動時の快適度・疲労度に基づいた旅行時間に対する個人の嗜好を規定する要因を明らかにして、より適切な社会経済変数を設定することが必要となる。ただし、今回の方法では、どのような社会経済変数を取り入れるかは試行錯誤的にならざるを得ない。そこで、潜在クラスモデル(Boxall and Adamowicz[5])の適用を検討することが今後の課題となる。

付記

本稿は一部、科学研究費補助金(若手研究B)(課題番号14760141)からの助成を受けている。

参考文献

- [1] Adamowicz, W., J. Louviere and M. Williams, "Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities", *Journal of Environmental Economics and Management*, 26, pp.271-292, 1994.
- [2] Adamowicz, W., J. Swait, P. Boxall, J. Louviere and M. Williams, "Perceptions versus Objective Measures of Environmental Quality in Combined Revealed and Stated Preference Models of Environmental Valuation", *Journal of Environmental Economics and Management*, 32, pp.65-84, 1997.
- [3] Bateman, I.J., G.D. Garrod, J.S. Brainard and A.A. Lovett, "Measurement Issues in the Travel Cost Method - A Geographical Information Systems Approach-", *Journal of Agricultural Economics*, 47(2), pp.191-205, 1996.
- [4] Ben-Akiva, M. and T. Morikawa, "Estimation of Switching Models from Revealed Preferences and Stated Intentions", *Transportation Research*, 24A(6), pp.485-495, 1990.
- [5] Boxall, P.C. and W.L. Adamowicz, "Understanding Heterogeneous Preferences in Random Utility Models: A Latent Class Approach", *Environmental and Resource Economics*, 23, pp.421-446, 2002.
- [6] Cameron, T.A., "Combining Contingent Valuation and Travel Cost Data for the Valuation of Nonmarket Goods", *Land Economics*, 68(3), pp.302-317, 1992.
- [7] Cesario, F.J. and J.L. Knetsch, "The Time Bias in Recreation Benefit Estimates", *Water Resources Research*, 6 (June), pp.700-704, 1970.
- [8] Cesario, F.J., "Value of Time in Recreation Benefit Studies", *Land Economics*, 52(1), pp.

- 32-41, 1976.
- [9] Feather, P. and W.D. Shaw, "Estimating the Cost of Leisure Time for Recreation Demand Models", *Journal of Environmental Economics and Management*, 38, pp.49-65, 1999.
- [10] Garraod, G. and K.G. Willis, *Economic Valuation of the Environment – Methods and Case Studies* -, Edward Elgar Publishing, 1999.
- [11] Haener, M., P.C. Boxall and W.L. Adamowicz, "Modeling Recreation Site Choice: Do Hypothetical Choices Reflect Actual Behavior?", *Kobe Conference on Theory and Application of Environmental Valuation*, 2000.
- [12] 萩原良巳, 萩原清子, 『都市環境と水辺計画－システムズ・アナリシスによる－』, 勁草書房, 1998.
- [13] 藤本高志, 『農がはぐくむ環境の経済評価』, 農林統計協会, 1998.
- [14] Kaoru, Y., V.K. Smith and J.L. Liu, "Using Random Utility Models to Estimate the Recreational Value of Estuarine Resources", *American Journal of Agricultural Economics*, 77, pp.141-151, 1995.
- [15] 栗山浩一, 『環境の価値と評価手法－CVMによる経済評価－』, 北海道大学図書刊行会, 1998.
- [16] McConnell, K.E. and I. Strand, "Measuring the Cost of Time in Recreation Demand Analysis", *American Journal of Agricultural Economics*, 63, pp.153-156, 1981.
- [17] McFadden, D., "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior", *Frontier in Econometrics*, Academic Press, pp.105-142, 1974.
- [18] 森川高行, M. Ben-Akiva, 「RP データと SP データを同時に用いた非集計行動モデルの推定法」, 『交通工学』, 27(4), pp.21-30, 1992.
- [19] Randall, A., "A Difficulty with the Travel Cost Method", *Land Economics*, 70(1), pp.88-96, 1994.
- [20] 佐藤洋平, 増田 健, 「インフォーマルなレクリエーション活動が行われる空間としての農村の環境便益評価－横浜市「寺家ふるさと村」を事例として－」, 『農村計画学会誌』, 13(2), pp.22-32, 1994.
- [21] 竹内憲司, 『環境評価の政策利用－CVM とトラベルコスト法の有効性－』, 勁草書房, 1999.
- [22] Winston, C., "Conceptual Developments in the Economics of Transportation: An Interpretive Survey", *Journal of Economic Literature*, 23(1), pp.57-94, 1985.

Estimation of Time Value by Using SP Data and Application for Travel Cost Model

Katsuhiko AKAZAWA and Yusuke OKAMOTO

Summary

In the travel cost model, it is an important problem to convert the travel time into cost. The problem is reduced to set the time value. In established researches, the setting of time value is based on wage rates. However, this approach has the problem that the wage rates don't reflect the traveler's preferences for time.

The purpose of this paper is to show how to estimate the time value which is reflected preferences for travel time. For this purpose, this paper presents two ideas: (1) time value is estimated at the marginal rate of substitution between travel cost and travel time, (2) choice experiments (CE), which is SP model, is used for estimating this rate in order to avoid the multicollinearity.

As the verification, these ideas have been applied to two models: (1) the estimation model using discrete choice travel cost model (DCTCM) parallel to CE, (2) the estimation model using DCTCM and CE simultaneously. From results, this applicability has been cleared.

Key Words

SP data, RP data, time value, travel cost model, choice experiments