滞在時間・目的地訪問同時選択モデルを用いた旅行費用法の開発

アンダーセン コンサルティング　正会員　○馬場 淳一
京都大学防災研究所　正会員　多々納 裕一
京都大学大学院　正会員　小林 潔司

1. はじめに

本研究では、旅行費用法に着目しレクリエーション・サイトが利用可能であることの便益を定量的に評価する方法を考察する。従来考慮されていなかった個人の滞在時間の分布を取り入れることにより、新しい旅行費用の枠組みを提案することを目的としている。以下では個人の滞在時間分布を考慮した目的地訪問行動を分析し、さらに対象地域全域でのレクリエーション便益の計量化について検討する。

2. 滞在時間を考慮した目的地訪問選択問題の検討

ある個人の目的地訪問及び滞在問題は連続－離散型効用最大化問題として次式のように定式化される。

$$\max_{t,x_0,t_0,\delta}\{u(\phi(t,\boldsymbol{\xi}))\cdot\delta+x_0+\varepsilon\, t_0+\nu_\delta\} \tag{1}$$
$$\text{s.t.}\quad \{(p+\varepsilon)t+\varepsilon\omega+c\}\cdot\delta+x_0+\varepsilon\, t_0=\varepsilon T$$
$$\text{and}\quad t\geq 0,\, x_0\geq 0,\, t_0\geq 0$$

注) ξは個人属性及び目的地属性を表す変数ベクトル、Tは個人の利用可能時間、t_1は労働時間、pは限界滞在費用、x_0は合成財の消費量、t_0は当該活動以外に投入する余暇時間、ωは目的地までの交通時間、cは目的地に滞在するための固定費用である。

ここに、ある個人は目的地に滞在することにより、一般化された合成財に関して準線形な効用関数で表される効用を獲得する。δは目的地を訪問する場合$\delta=1$, そうでないとき$\delta=0$となるダミー変数である。またνは効用関数のランダム項である。$y=\phi(\cdot)$は家計生産関数であり, 家計が自己の時間資源tと環境要因$\boldsymbol{\xi}$を結合し滞在サービスyを生産する技術を表現する。家計生産関数yは$\partial\phi(t,\boldsymbol{\xi})/\partial t>0,\, \partial^2\phi(t,\boldsymbol{\xi})/\partial t^2<0,\, \phi(0,\boldsymbol{\xi})=0$を満足する。$u(\phi(t,\boldsymbol{\xi}))$は滞在サービスを自己生産・自己消費することによって得られる部分効用関数であり$\partial u(\phi)/\partial\phi>0,\, \partial^2u(\phi)/\partial\phi^2<0$を満たす。$\varepsilon$は時間の機会費用を表す確率変数である。$\varepsilon$は個人にとって定数であるが、分析者には観測できない確率変数である。本研究では、時間の機会費用εは賃金率で表現する。個人は、時間・金銭という二つの予算制約に直面しており、これらをまとめると問題(1)の制約条件が得られる。上式において個人が目的地を訪問する場合、内点解を仮定すれば次式のような最適性条件を得る。

$$\frac{\partial u(\phi(t,\boldsymbol{\xi}))}{\partial t}=p+\varepsilon \tag{2}$$

すなわち、活動主体は目的地での滞在から得られる限界効用が限界費用に等しくなるように滞在時間を決定する。滞在時間の需要関数の一般形を次式のように表現しよう。

$$t^*=\tau(\boldsymbol{\xi},p,\varepsilon) \tag{3}$$

これを用いると目的地を訪問する場合、しない場合の間接効用関数はそれぞれ、

$$V^1(\boldsymbol{\xi},T,p,\varepsilon)\;=\;u(\phi(\tau(\boldsymbol{\xi},p,\varepsilon),\boldsymbol{\xi}))-(\varepsilon+p)\cdot\tau(\boldsymbol{\xi},p,\varepsilon)+\varepsilon\,(T-\omega)-c+\nu_1 \tag{4}$$
$$V^0(\boldsymbol{\xi},T,p,\varepsilon)\;=\;\varepsilon T+\nu_0 \tag{5}$$

となる。個人が目的地に訪問するか否かは$\delta=1,\delta=0$の場合の間接効用関数の大小関係に依存する。ある個人が目的地を訪問することを決定した場合、この個人の当該目的地における滞在時間は確定値$\tilde{t}=\tau(\boldsymbol{\xi},p,\tilde{\varepsilon})$をとる。ただし、$\tilde{\varepsilon}$はこの個人の確定的な時間価値である。式(4)(5)の確率効用項ν_1,ν_0がそれぞれ独立かつ同一のガンベル分布（平均0, 分散$\pi^2/6\iota^2$）に従って分布していると仮定すると、この個人の目的地訪問確率はロジットモデルを用いて計算される。

$$P(1|\boldsymbol{\xi},p,\tilde{\varepsilon})=\{V^1(\boldsymbol{\xi},T,p,\tilde{\varepsilon},\nu_1)\geq V^0(\boldsymbol{\xi},T,p,\tilde{\varepsilon},\nu_0)\} \tag{6}$$
$$=\frac{1}{1+\iota\exp[\{-u(\phi(\tau,\boldsymbol{\xi}))+(p+\tilde{\varepsilon})\tau+\tilde{\varepsilon}\omega+c\}]}$$

以上のモデルでは、滞在時間の需要関数(3)と間接効用関数(4)、(5)の双方に確率変数εが含まれる。滞在時間の分布と訪問確率は相互に密接に関連しており、両者を同時に推計する必要がある。いま、個人の時間価値の分布関数を微分可能な単調非減少関数$G(\tilde{\varepsilon})$で定義し、密度関数$g(\tilde{\varepsilon})=G'(\tilde{\varepsilon})$が定義できるものと仮定する。特性$\boldsymbol{z}=(\boldsymbol{\xi},p)$を有する個人が滞在時間$t$によらず目的地を訪問する確率は

$$P(1|\boldsymbol{z})=\int_0^\infty P(1|\boldsymbol{z},\tilde{\varepsilon})dG(\tilde{\varepsilon}) \tag{7}$$

で計算される。この個人が目的地に訪問し、滞在時間が$\tilde{t}$以下となる同時確率分布$H(1,\tilde{t}|\boldsymbol{z})$は

$$H(1,\tilde{t}|\boldsymbol{z})=\int_{\tau^{-1}(\tilde{t},\boldsymbol{z})}^\infty P(1|\boldsymbol{z},\tilde{\varepsilon})dG(\tilde{\varepsilon}) \tag{8}$$

によって与えられる。さらに、密度関数$h(1,\tilde{t}|z)$が次式で与えられる。

$$h(1,\tilde{t}|z)=-P(1|\tau^{-1}(\tilde{t},\boldsymbol{z}))g(\tau^{-1}(\tilde{t},\boldsymbol{z}))\frac{d\tau^{-1}(\tilde{t},\boldsymbol{z})}{d\tilde{t}} \tag{9}$$

3. 選択肢別標本抽出データを利用したモデルの推計

本研究では、データ収集の効率性の観点から選択肢別標本抽出データを利用することとし、レクリエーション・サイトにおける訪問客調査に着目する。訪問客調査では当該サイトを訪問しなかった個人のデータを得る

Junichi BABA, Hirokazu TATANO, Kiyoshi KOBAYASHI

ことができないが、対象地域内での目的地訪問者とそれ以外の人間の人口比率に関する集計データが利用可能となる。以下ではこのような選択肢別標本抽出に基づいたモデルの推計方法を導出する。分析対象なる地域の全居住者を母集団とする。個人特性ベクトル$\boldsymbol{z}$が、母集団上で確率密度関数$\mu(\boldsymbol{z})$に従って確率分布していると考える。また、目的地を訪問したすべての個人が母集団全体に占める割合Q_1は既知であり、$\mu(\boldsymbol{z})$を用いれば訪問者が母集団の個人全体に占めるシェアQ_1は

$$Q_1 = \int h(1, t|\boldsymbol{z}, \boldsymbol{\theta})\,\mu(\boldsymbol{z})\,dz \tag{10}$$

と定義される。訪問しなかった個人が占めるシェアをQ_0と表す。いま、目的地訪問者のみから成る部分集合の内部で、滞在時間$\bar{t}_i$、及び独立変数ベクトル$\bar{z}_i$に関してサイズNの標本集合$\{(\bar{t}_i, \bar{z}_i)|i = 1, \cdots, N\}$が獲得される確率、すなわち尤度$L_N$は次式で与えられる。

$$L_N(\boldsymbol{\theta}, \mu) = \frac{\prod_{i=1}^{N} h(1, \bar{t}_i|\bar{z}_i, \boldsymbol{\theta})\,\mu(\bar{z}_i)}{Q_1^N} \tag{11}$$

確率密度関数μを観測データ$\bar{z}_i$上でのみ値をもつ離散的な確率密度で置き換えてやり、若干の計算を行うことにより、制約条件(10)のもとでの尤度(11)の最大化問題は次の問題に簡略化できる。

$$\max_{\boldsymbol{\theta}\in\boldsymbol{\Theta}_N} \{\tilde{L}_N(\boldsymbol{\theta}) = \sum_{i=1}^{N} \ln h(1, t_i|\boldsymbol{z}_i, \boldsymbol{\theta})\} \tag{12}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^{N} P(1|\boldsymbol{z}_i, \boldsymbol{\theta}) = NQ_1$$

問題(12)を解くことにより未知変数$\boldsymbol{\theta}$の最尤推定値が求まる。また、この最尤推定量が一致性、漸近正規性をもつことは確かめられている。

4. レクリエーション便益の計測

いま対象とする地域がM個のゾーンに分割されており、ゾーンkの代表地点から目的地までの距離をr_kとする。ゾーンkから目的地までの旅行特性$\boldsymbol{\zeta}_k = (c_k, \omega_k)$は$r_k$の関数で与えられ、当該ゾーンに居住するすべての個人の間で同一の値を取ると考える。また、個人属性$\boldsymbol{\xi}$とその個人にとっての限界滞在費用pがJ個の離散的カテゴリー$j (j = 1, \cdots, J)$に分割されていると考え、j番目のカテゴリーの属性ベクトルを$(\boldsymbol{\xi}_j, p_j)$と表そう。ゾーン$k$においてカテゴリー$j$に属する個人が、当該ゾーンの個人数$Y_k$に占める割合を$\sigma_k^j$と表す。地域$k$におけるカテゴリー$j$の家計に着目しよう。時間価値$\varepsilon$を与件とする。いま、間接効用関数(4)(5)が金銭タームで計測されていることに留意すれば、この個人にとってのレクリエーション・サイトが利用可能であるときの間接効用の期待値は$E[\max_{\delta=0,1}\ V^\delta(\varepsilon T, \boldsymbol{\xi}_j, p_j, \boldsymbol{\zeta}(r_k), \nu_\delta|\varepsilon)]$と表される。一方、レクリエーション地が利用可能でないときの間接効用の期待値を$E[V^0(\varepsilon T, \boldsymbol{\xi}_j, p_j, \boldsymbol{\zeta}(r_k), \nu_0|\varepsilon)]$と表す。このとき、当該の家計がレクリエーション地の利用可能性に対して有するオプション価格は

$$E[\max_{\delta=0,1} V^\delta(\varepsilon T - OP_{jk}(\varepsilon), \boldsymbol{\xi}_j, p_j, \boldsymbol{\zeta}(r_k), \nu_\delta|\varepsilon)] = E[V^0(\varepsilon T, \boldsymbol{\xi}_j, p_j, \boldsymbol{\zeta}(r_k), \nu_0|\varepsilon)] \tag{13}$$

を満足するような$OP_{jk}(\varepsilon)$として定義できる。ν_δがガンベル分布に従うと仮定するとオプション価格は

$$OP_{jk}(\varepsilon) = \ln\Big[1 + \exp[\ \{u(\phi(\tau(\boldsymbol{\xi}_j, p_j, \varepsilon), \boldsymbol{\xi}_j)) - (\varepsilon + p_j)\cdot\tau(\boldsymbol{\xi}_j, p_j, \varepsilon) - \varepsilon\,\omega(r_k) - c(r_k)\}]\Big] \tag{14}$$

で求められる。さらに、各個人の時間価値εが$g(\varepsilon)$に従い分布することがわかっているとき、対象地域全域でのオプション価格OPの期待値は次式で定義できる。

$$\mathrm{E}\,[\mathrm{OP}] = \sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J} \mathrm{Y_k}\,\sigma_k^j \int_0^\infty \mathrm{OP_{jk}}(\varepsilon)\,\mathrm{g}(\varepsilon)\mathrm{d}\varepsilon \tag{15}$$

一方、対象地域内の全居住者の時間価値が期待値$\bar{\varepsilon}$により一意に与えられると仮定すると、対象地域全域でのオプション価格の近似値$OP(\bar{\varepsilon})$は以下のように求まる。

$$OP(\bar{\varepsilon}) = \sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J} Y_k\,\sigma_k^j\,OP_{jk}(\bar{\varepsilon}) \tag{16}$$

一般にLogsum変数は凹関数であり、$OP(\bar{\varepsilon}) < E[OP]$となる。したがって、個人の時間価値の分布を考慮せず時間価値を一律に与えてしまう従来の方法は、レクリエーション便益の過小評価につながる。

5. 適用事例

本研究では建設省が石狩川上流域で実施した河川水辺の国勢調査に基づいて、河川敷におけるレクリエーション便益を計測する。いま、時間価値εが対数正規分布に従って分布するとし、部分効用関数を$u(\phi(\boldsymbol{\xi}_j, t)) = \frac{1}{1-\alpha}\{\psi(\boldsymbol{\xi}_j)t\}^{1-\alpha} (0 \le \alpha \le 1)$で与える。これにより表1のようにパラメータが推計される。

表-1: モデルの推計結果

パラメータ	推計値		
効用関数のパラメータ	0.610	散歩ダミー	-0.863
時間価値の対数正規変量の平均	5.30	未成年ダミー	1.21
時間価値の対数正規変量の分散	2.40	中高年ダミー	-1.92
ガンベル分布の分散パラメータ	1.28	性別ダミー	0.0209
年度ダミー(H6)	-3.643	車ダミー	1.15
年度ダミー(H5)	4.719	定数項	1.282
スポーツダミー	0.0076		

式(15)より、対象地域全域での休日一日当たりのオプション価格を求めると50546万円、また平均滞在時間を177分とすれば式(16)より24852万円となる。

6. おわりに

滞在時間決定行動を内包化したような目的地訪問選択行動をモデル化し、これに基づいた旅行費用法を開発しレクリエーション便益を計測するための方法論を提案できたことが本研究の成果である。