

個人旅行費用法を用いた木津川河川空間利用便益のリスク分析*

Risk Analysis for Kizu River Recreation Benefit Based on Individual Travel Cost Method *

川除 隆広**, 多々納 裕一***, 岡田 憲夫***

By Takahiro KAWAYOKE**, Hirokazu TATANO*** and Norio OKADA***

1. はじめに

社会基盤整備プロジェクトの経済的評価法として費用便益分析の重要性が広く認識され始めている。その背景は、公共事業の効率性と事業実施過程の透明性確保に対する社会的要請が高まり、国民の納得が得られる形での説明責任(アカウンタビリティ)の遂行が強く求められていることにある。費用便益分析は、事業の投資対効果を貨幣価値を用いて評価するため、プロジェクトの効果・必要性を国民に理解し易い形で公表し得る事業評価法としても期待できる。しかしながら、現在のところ費用便益分析の実施に際しては、推計された費用や便益の平均値(期待値)等の代表値を用いた評価が主体となっており、経済的妥当性の評価の透明性が十分確保されているとは言い難い。国民が納得得られる形でプロジェクトを推進していくためには、経済的妥当性に関する評価結果が示されることはもちろん、それに加えて十分な説明責任を果たし、評価に際して用いられたデータ、分析方法等のプロセスや評価値の正確な情報を提供していくことが必要であろう。

社会基盤整備プロジェクトの便益計量化手法としては、代替法、消費者余剰法、旅行費用法、ヘドニック法、仮想評価法(CVM)等が開発されてきている。著者らは、費用便益分析に際して推計された便益の信頼性を客観的に評価することが重要性であるとの認識の下で、特殊な形式のCVMモデルについて個

人の支払意思額の期待値の信頼区間を解析的に求める方法¹⁾や離散選択モデルを用いた個人旅行費用法により推定されるレクリエーション便益の信頼区間推定法²⁾の開発を行ってきた。

本研究では、推計された便益のリスク分析として、離散選択モデルを用いた個人旅行費用法によるレクリエーション便益(個人のオプション価格)の信頼区間について、実データを用いた検証と考察を行うことを目的としたものである。

2. 個人旅行費用モデルを用いた個人のオプション価格推定量

個人旅行費用モデルとしては、ロジットモデル(Logit Model)を適用する。状況としては、既設のレクリエーション施設利用に対するRP調査の実施を想定する。当該区域で利用可能なレクリエーション施設はこの施設のみであり、整備が行われる前には全く利用可能な施設はなかったものとする。既設のレクリエーションサイトの環境・アメニティ質を Q とする。個人 n の属性を $Z_n = (z_{1n}, \dots, z_{Jn})$ とし、現在の所得を Y_n 、レクリエーションサイトまでの旅行費用(一般化費用)を c_n とする。個人 n が、当該レクリエーションサイトを訪問する($i = 1$)か否($i = 0$)かに関する選択行動を式(1)の効用最大化行動としてモデル化する。

$$\max_{i \in \{0,1\}} U_{in}(Q, Z_n, Y_n - c_{in}) \quad (1)$$

ここで、 $c_{1n} = c_n$ 、 $c_{0n} = 0$ である。

U_{in} は選択肢 i を選択した場合の効用であり、確率変動項 ε_{in} と確定効用項 V_{in} に区分される。今、 V_{in} が所得に関して準線形であるものと仮定する。確率変動項 ε_{1n} 、 ε_{0n} がそれぞれ独立かつ同一のガンベル分布(平均 0, 分散 $\pi^2/6\lambda^2$)に従うものと仮定すると、

* キーワーズ: 公共事業評価法, 整備効果計測法, 意識調査分析
** 正員, 工博, 株式会社 日建設シビル 大阪事務所 環境・情報計画部

(〒541-8528 大阪市中央区高麗橋4-6-2, Tel 06-6229-6372, Fax 06-6201-2433)

*** 正員, 工博, 京都大学 防災研究所 総合防災研究部門
(〒611-0011 宇治市五ヶ庄, Tel 0774-38-4308, Fax 0774-38-4044)

個人 n の選択確率 P_{in} は式 (2) のロジットモデルとして定式化される.

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + \exp\{-[\lambda v(Q, Z_n; \theta_0) - \lambda \theta_1 c_n]\}} \quad (2)$$
$$P_{0n} = 1 - P_{1n} \quad (3)$$

ここで, $\theta = (\theta_0, \theta_1)$ はパラメータベクトルである. なお, 最尤推定法により推計されたロジットモデルパラメータ $\hat{\theta}$ は, 漸近的に平均 θ_μ と分散共分散行列 $\Sigma(\hat{\theta})$ を有する多変量正規分布 $MVN[\theta_\mu, \Sigma(\hat{\theta})]$ で示される³⁾.

次に, 既設のレクリエーション施設の利用に対する個人の期待効用 EU_n^1 はログサム関数をもとに式 (4) として表される.

$$EU_n^1(Y_n) = E \left(\max_{i=0,1} [V_{in}(Q, Z_n, Y_n - c_{in}) + \varepsilon_{in}] \right)$$
$$= \frac{1}{\lambda} \ln \{ \exp(\lambda \theta_1 Y_n) + \exp[\lambda v(Q, Z_n; \theta_0) + \lambda \theta_1 (Y_n - c_n)] \} \quad (4)$$

一方, 施設の整備以前はレクリエーションサイトが存在しないことから, 施設の整備前の期待効用 EU_n^0 は式 (5) となる.

$$EU_n^0(Y_n) = \frac{1}{\lambda} \ln[\exp(\lambda \theta_1 Y_n)] \quad (5)$$

そのため, 既設のレクリエーション施設の利用可能性に対する個人のオプション価格 OP_n は式 (6) を満足するよう定義できる.

$$EU_n^1(Y_n - OP_n) = EU_n^0(Y_n) \quad (6)$$

ここでは, 個人のオプション価格を等価変分型で定義しているが, 効用関数に所得の準線形を仮定していることから, 補償変分型と等価変分型のいずれのオプション価格も同一となる. このとき, 既設のレクリエーション施設整備に関する個人のオプション価格推定量 OP_n は式 (7) として導出される²⁾.

$$OP_n(Z_n, \theta) = \frac{1}{\lambda \theta_1} \ln[1 + \exp(\lambda v(Q, Z_n; \theta_0) - \lambda \theta_1 c_n)] \quad (7)$$

3. 木津川河川空間利用便益のリスク分析

(1) 調査概要

本研究で用いるデータは, 木津川の河川空間利用を対象として平成12年10月に調査を行った結果を用いる. 当調査では, 図-1に示す調査対象区域の河川空間利用について, 平日および休日の各1日において実施した着地(現地)調査に加え, 調査地点近郊(約10km)の2500世帯の住民を対象とした郵送調査

を実施している. なお, 郵送調査においては, 各市町からのランダムランプリングとして, 各市町の母集団人口(調査地点から約10km以内の居住者)から調査対象者を約0.4%均一で抽出を行っている. 調査概要を表-1に示す.

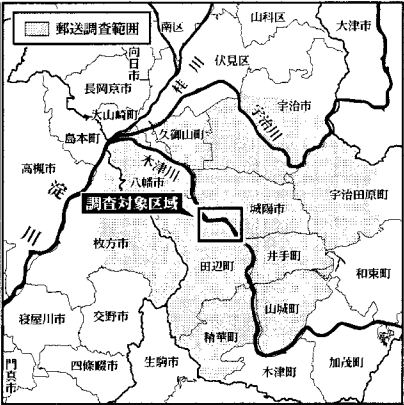


図-1: 調査地点と郵送調査範囲

表-1: 河川空間利用調査概要

着地調査	内 容
実施日	平成12年10月11日(水), 15日(日)
調査概要	・河川空間利用者数調査(日出~日没) ・来訪者アンケート調査
来訪者数	11日(水): 1199人, 15日(日): 5263人
アンケート調査数	195人

発地調査	内 容
実施期間	平成12年10月
調査概要	・調査地点周辺約10kmを対象 ・母集団人口 594,126人 ・郵送アンケート調査(2500人郵送)
有効回答数	516人(回収率20.6%)

本調査では着地調査とともに, 発地調査を実施したことから, 通常の着地調査を主体とした河川空間利用実態調査⁴⁾に加え, 非来訪者に関する基礎情報も把握することが可能となっている. そのため, 調査対象母集団の木津川河川空間利用(調査対象区域)に関する利用可能性の便益評価に際しては, 現地アンケート調査結果と郵送アンケート調査結果をプールし, 選択肢別サンプリングデータ(Choice Based Sampling)として取り扱ったパラメータ推定を行う. 選択肢別サンプリングデータを用いたパラメータ推定法としては, WESML (Weighted Exogenous Sampling Maximum Likelihood) 推定量およびMM (Manski-McFadden Estimator) 推定量が代表的であ

表－2：モデル推計結果

注1) 年齢ダミーは30才未満を1とする
注2) 所得項(一般化費用)の単位は千円

α	定数項 (t値)	-16.18 (-2.29)					
β_1	散策目的ダミー (t値)	313.39 (32.75)					
β_2	釣り目的ダミー (t値)	280.95 (28.20)					
β_3	バーベキュー目的ダミー (t値)	132.81 (13.30)					
β_4	年齢ダミー (t値)	191.75 (19.18)					
γ	所得項(一般化費用) (t値)	149.50 (19.80)					
ρ^2	尤度比	0.328					
HitRatio	的中率	0.787					
N	サンプル数	643					
$\Sigma(\hat{\theta})$	$\Sigma(\hat{\theta}_i, \hat{\theta}_j \mid j \geq i)$	49.719	-11.550	1.965	-0.555	1.786	6.381
			91.546	-1.490	0.982	0.151	-14.172
				99.274	0.393	-0.157	-5.482
					99.782	0.069	3.061
						99.925	-0.927
							57.034

表－3：個人のオプション価格の中央値および信頼区間推計結果

注1) () 内の数値は標準正規分布またはエッジワース分布の片側2.5%を与える値
注2) 変動率は[レンジ/中央値]より算定
注3) Z_n , c_n にはサンプル平均値を適用

信頼区間推定法		2.5% 信頼下限	中央値	2.5% 信頼上限	レンジ	変動率
近似法	テラー展開	-0.048 (-1.960)	0.074 (0.000)	0.195 (1.960)	0.243	3.299
		-0.042 (-1.841)	0.072 (0.000)	0.200 (2.079)	0.242	3.381
	エッジワース展開					
シミュレーション法(R=50000)		0.000	0.072	0.201	0.201	2.797

る³⁾。ここでは、分散共分散行列の直接的な補正推計

が可能なWESML推定量を適用する。WESML推定量はサンプルシェアと母集団シェアの比で表される重みを考慮し、式(8)の対数尤度を最大化するパラメータ推定法である。

$$L = \sum_{i \in C} \sum_{n=1}^{N_i} \frac{Q(i)}{H(i)} \ln[P(i|Z_n, \theta)] \quad (8)$$

ここで、 C は選択肢集合、 i は選択肢、 $Q(i)$ は i 選択肢の母集団シェア、 $H(i)$ は i 選択肢のサンプルシェアである。

モデル推計に際しては、まず、時間価値について、アンケート結果から得られた平均年収をもとに、最もモデルの統計的推計精度が良好であった1/4補正(レクリエーションの時間価値は通常の賃金率の1/2～1/4の範囲⁵⁾)を行った26円/分を採用した。次に、各種交通機関の設定条件として、徒歩速度4km/h、自転車速度15km/h⁶⁾、自動車速度40km/h⁷⁾、高速走行速度80km/h⁷⁾、ガソリン単価10円/kmを適用した。非来訪者に関する交通機関設定は、調査結果から徒歩利用者の約80%強が1.5km以下であったことと、都市公園の誘致距離等が1km程度であること等を踏

まえ、1.5km以下を徒歩利用者、1.5km以上を自転車利用に設定した。さらに、着地調査結果の来訪者数より加重平均1日河川利用者数(年間平日数246日、年間休日数119日)は2524人/日と推計される。そのため、木津川河川空間利用に関する来訪者の母集団シェア $Q(1)$ は0.42%、非来訪者の母集団シェア $Q(0)$ は99.58%となり、プーリングデータのサンプルシェア $H(1)$ が49.30%、 $H(0)$ が50.70%であることから、WESML推定量には当値を適用した。

(2) 推計便益のリスク分析

構築したモデルの推計結果を表－2に示す。構築したモデルは、各パラメータのt値、尤度比等の統計指標は有意であり、パラメータの符号条件も感覚的に一致する。構築したモデル結果をもとに、推計便益のリスク分析として、個人属性および一般化費用にサンプル平均値を適用した個人のオプション価格の中央値および95%信頼区間推計を行った結果を表－3に示した。なお、個人のオプション価格の信頼区間推定法(近似法:テラー展開、エッジワース展開、シミュレーション法:パラメトリック・シミュレー

ション法)の定式については既報告論文²⁾に記している。併せて、近似法(テーラー展開, エッジワース展開)による個人のオプション価格の確率密度関数およびパラメトリック・シミュレーション法(乱数発生回数 $R = 50000$)による再現分布結果を図-2に示した。

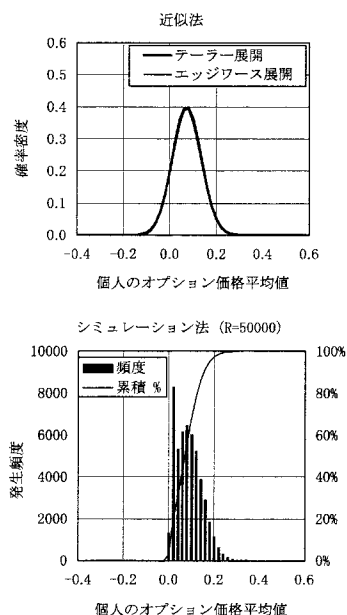


図-2: 近似法による確率密度関数及びパラメトリック・シミュレーション法による再現分布

推計便益のリスク分析結果について全体的な傾向を整理すると、個人のオプション価格の中央値は概ね72円/日で推計されている。一方、個人のオプション価格の信頼区間の変動率[レンジ/中央値]は、概ね3.0前後と推計されており、モデルの適合度が高いにも関わらず、得られた中央値に対する95%信頼限界値の変動幅は比較的大きいことが確認される。

各種信頼区間推定法の結果については、テーラー展開による中央値は二次近似式の影響により他の信頼区間推定法より過大推計であり、2.5%信頼下限は負の値が推計されている。エッジワース展開の中央値および2.5%信頼上限はパラメトリック・シミュレーション法の結果と高精度で一致するが、2.5%信頼下限は負の値が推計されている。パラメトリック・シミュレーション法($R = 50000$)の中央値および2.5%信頼上限は、エッジワース展開の結果と高精度で一致し、2.5%信頼下限は0.000と推計されている。このことは、解析的な信頼区間推定量が定式化できない

推計パラメータの非線形関数となる個人のオプション価格の信頼区間の近似解を求める上では、漸近理論等を仮定しない、パラメトリック・シミュレーションの適用が妥当であることを示唆する結果といえる。

4. おわりに

本研究では、推計便益のリスク分析として、離散選択モデルを用いた個人旅行費用法によるレクリエーション便益(個人のオプション価格)の信頼区間について、木津川河川空間利用調査結果を用いた検証と考察を行ったものである。

本研究では、通常の着地調査に加え発地調査をも実施したことで、選択別別サンプリングデータとして取り扱った個人のオプション価格の推計を可能としている。結果として、構築したモデル精度は良好であり、パラメトリック・シミュレーションにおいて、木津川河川空間利用の個人のオプション価格の中央値は72円/日と推計されている。また、モデルの適合度が高いにも関わらず、得られた便益の信頼区間は2.5%信頼下限0.0円/日～2.5%信頼上限201円/日と比較的大きいことも確認可能となっている。

今後、同様な推計便益のリスク分析を行う場合には、得られたモデルの分散共分散行列があれば、信頼区間の近似解を導出でき、サンプル数によっては概ね妥当な範囲で推計便益の信頼性を評価することが可能となる。また、今後は、当分析結果に対し、発地調査のみの場合や着地調査のみの場合等を想定した分析結果との比較考察を行うことを予定している。

[参考文献]

- 1) 川除隆広・多々納裕一・岡田憲夫：支払意思額の異質分散性を考慮したCVMによる推計便益の信頼区間推定法, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.319-326, 1999.
- 2) 川除隆広・多々納裕一・岡田憲夫：離散選択モデルを用いたレクリエーション便益に関する信頼区間推定法, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.431-438, 2000.
- 3) 土木学会土木計画学研究委員会編：非集計行動モデルの理論と実際, 土木学会, 1995.
- 4) 建設省河川局治水課監修：河川水辺の国勢調査マニュアル(案)(河川空間利用実態調査編), 1993.
- 5) 河川に関わる環境整備の経済評価研究会：河川に関わる環境整備の経済評価の手引き(試案), 1999.
- 6) 日本道路協会：自転車道等の設計基準解説, 1974.
- 7) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用, 1983.