

河川の公益的機能評価に関する考察(3)

山 本 充

3 河川の公益的機能評価

(4) 離散的選択モデルによる水辺利用の分析

① アンケート調査および勝納川に対する利用意識

アンケート調査は、平成11年2月～3月に電話帳から無作為に抽出した小樽市民504人を対象に、被験者の属性、利用状況、勝納川に対する環境要素と感覚的イメージの評価等について調査した。調査票の配布および回収は郵送法で行った。その結果、有効回収数は124件（回収率24.6%）であった。また、回答者の属性は平均年齢が約60歳、男女比は約87%が男性、約3割が子供の居る世帯で7割が夫婦2人暮らしもしくは1人暮らしの世帯であった。被験者の居住地から河川までの平均所要時間は約18分で、アクセス方法は31%が徒歩、45%が自家用車、20%がバスとしている⁵⁾。調査票は、対象河川に関する認知、訪問の有無、最近2年以内の利用の有無と年間の利用回数、対象河川までの所要時間と移動のための交通手段、29項目の現状の河川環境に対する評価（表6）、環境改善に伴う利用機会の変化（具体的には、被験者が評価した29項目の現状評価レベルが1レベル向上したときの利用の有無、同様に2レベル向上したときの利用の有無を問うものとした）、および個人属性に関する質問構成である。この集計結果によると、92.7%が勝納川を実際に訪れた経験があるものの、現状の河川環境は余暇の利用が不可能な

5) 利用の有無にかかわらず対象河川までのアクセス手段と所要時間を求めた結果である。

表6 水辺の認識・評価項目

河川環境の構成要素				感覚的評価指標				
環 境 的 要 素	1	水がきれい	施 設 的 要 素	12	遊歩道が多い	心 象 イ メ ー ジ	19	歩きやすい
	2	嫌な匂いがしない		13	堤防が緩やか		20	静かである
	3	ゴミが少ない		14	遊び場所が多い		21	水際まで降りやすい
	4	水量が多い		15	公園が多い		22	危険を感じない
	5	木が多い		16	休む場所が多い		23	気軽にいける
	6	花が多い		17	トイレが多い		24	場所が分かりやすい
	7	草が多い		18	駐車場が多い		25	親しみやすい川
	8	昆虫が多い					活 動 イ メ ー ジ	26
	9	魚が多い			27	水に触れたい川		
	10	鳥が多い			28	入りたくない川		
	11	人が多い			29	泳ぎたい川		

状態であることから余暇の利用はわずか12.9%が利用しているに過ぎず、周辺を散歩することによるわずかな利用が見られる程度である。

勝納川に対する環境要素と感覚的イメージの評価については、表6に示した29項目について5件法(5段階評価)を適用し、(良い, やや良い, ふつう, やや悪い, 悪い) = (1, 0.5, 0, -0.5, -1)として評点化した平均値を図13に示す。認識・評価項目は表6に示すように河川環境の構成要素として環境的要素と施設的要素に対する評価項目と、感覚的評価指標として心象イメージと活動イメージに対する認識指標項目で構成している。評点平均は-0.47であり、場所の認識と整合的な項目「場所がわかりやすい」を除くすべての項目が低い評価となっている。特に評価の低い項目は、施設的要素群および活動イメージ群であり河川空間内での活動ができないという対象河川の現状を反映している。また、河川構成要素群においては水質面に関する項目に比して生物的要素に関する項目が低く評価されている。調査票では、勝納川再生事業が環境改善効果を目的としていることから、事業実施後の環境が被験者の現状評価を1ランクおよび2ランク上昇させた場合に対象河川における余暇の利用が発生するか否かを質問した。これは図13において実線で示される現状評価が、破線および点線で示される水準へそれぞれ0.5ポイントおよび1ポイントシフトすることを意味する。この結果、環境評価が1ランク上昇す

のような場合は、現在利用がない人のうち約1/3が利用する意向を示し（全体で約36%が利用）、さらに2ランク上昇の場合は全体で約56%が利用意向を示している（図14）。ここではすべての認識・評価項目が同時に改善されることを仮定しているため過大評価ではあるが、再生事業による環境改善効果を示唆している。

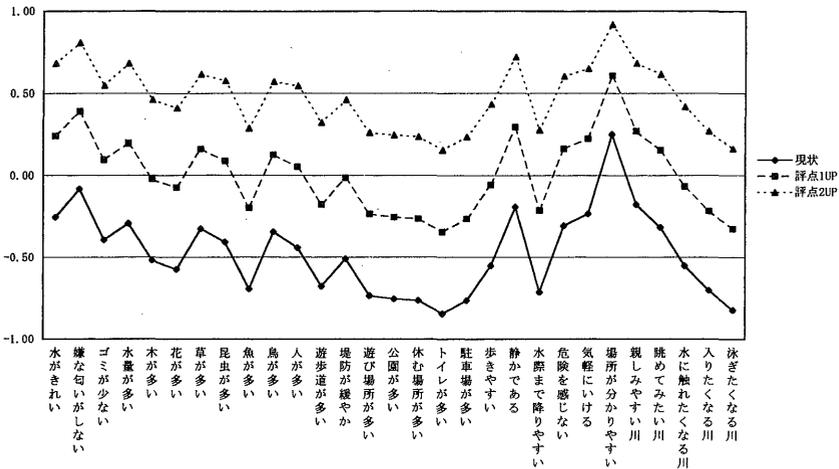


図13 勝納川の河川環境に対する認識

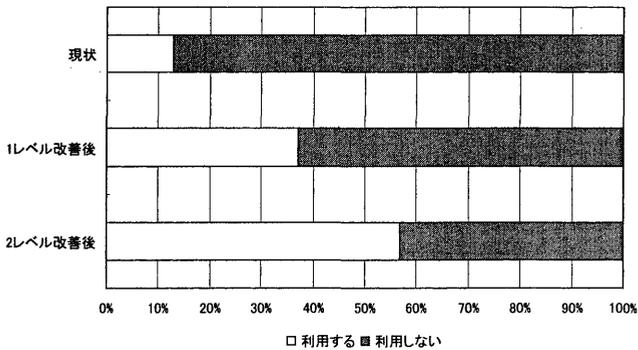


図14 河川環境改善による利用変化

② 離散的選択モデルの水辺利用行動と環境評価への適用

離散的選択モデルは、観察されたデータに基づいて消費者や企業などの意思決定者が選択肢集合から特定の選択肢を選択する確率を推計するものである。

離散的選択モデルの基本的前提は、意思決定者は選択肢集合の中からもっとも望ましい選択肢を選択することである。言い換えれば、意思決定者は選択肢集合の中から自己の効用を最大化する選択肢を選択するということであり、効用最大化の原理を仮定して、このような選択行動を合理的であると考える。選択肢の持つ効用は、その選択肢の持つ特性と、意思決定者の持つ特性(属性)によって異なる。つまり、選択肢と意思決定者の特性により選択肢から得られる効用が規定されるのである。意思決定者 n が選択可能な選択肢集合を J_n 、 J_n の選択肢 i からの効用を U_{in} とすると、 n は効用最大化行動により選択を行うので、 i が選択されるということは J_n に属する i 以外の選択肢 j から得られる効用よりも i の効用のほうが大きいということである。よって、

$$U_{in} > U_{jn}, j \in J_n, i \neq j \quad (11)$$

である。このような状況では、選択肢 i の効用が最大であれば、その選択確率は1であり、最大でなければ0である。つまり、選択肢と意思決定者の特性が完全に捉えられるのであれば、その意思決定者の選択行動を完全に予測することが可能となる。しかしながら、完全に選択肢と意思決定者の特性を捉えることは不可能であり、そのため選択行動を予測することが困難であると考えることが現実的である。そこで、観察された選択肢と意思決定者の特性から効用の一部を知ることができると考え、観察されていない特性に依存する効用と、観察された特性に依存する効用に分けて考えるのである。観察されている特性により規定される効用を V_{in} 、観察されない特性に依存する部分を選択肢と意思決定者の両方の特性を合わせて未知の効用として ε_{in} (確率項) とすると、効用 U_{in} は、

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (12)$$

と表現できる(ただし、ここでは確定項と確率項の線形性を仮定している)。ランダム効用理論(確率効用理論)では、この未知の効用をあらわす部分が確率的に変動すると考え、 ε_{in} を確率変数(random variable)と考えるのである。これは効用 U_{in} を確率変数とみなすことになる。このように効用が確率的に変動すると考えることは、第一に、意思決定者の行動は必ずしも常に合理的選択行動に厳密に従うとは限らず、正確な情報が得られたとしても、それに対する反応が行動時点で異なる可能性も十分あると考えられること、第二に、情報の不完全性の問題として利用可能な選択肢の範囲やその特性に関して十分な情報が得られないこともあること、第三に、選択肢の特性や意思決定者の特性(社会経済属性)の要因の中には測定困難なものも存在すること、などから妥当な考え方である。よって意思決定者 n が選択肢 i を選択する確率 P_{in} は、

$$\begin{aligned} P_{in} &= \Pr(U_{in} > U_{jn}, j \in J_n, i \neq j) \\ &= \Pr(V_{in} + \varepsilon_{in} > V_{jn} + \varepsilon_{jn}, j \in J_n, i \neq j) \end{aligned} \quad (13)$$

と表現できる。ただし、 $0 \leq P_{in} \leq 1$ 、 $\sum_{i \in J_n} P_{in} = 1$ である。

ここで、水辺利用への適用を考えると、住民は現状の河川環境を評価し最も望ましい(効用を最大化する)河川環境を選択し利用すると考えられる。このとき一般的には、同一河川について環境の異なる複数の水辺が存在し、その中から個人にとって最適な場所を選択すると考えられるが、本研究では対象河川において現状でこのような場所の選択が困難であることから住民が河川環境を評価し水辺を「利用する」と「利用しない」を選択すると仮定する。そこで、水辺の特性および個人的属性データを観察可能な特性として水辺利用の選択行動を捉えることとし、住民個人の河川環境に対する主観的評価が水辺特性を規定し水辺利用行動に大きく影響を及ぼすと考えた。そこで、

水辺の特性変数ベクトル（主観的評価データ）を Q_{in} 、個人属性ベクトルを Z_n 、 β を未知パラメータベクトルとして間接効用関数を

$$V_{in} = f(Q_{in}, Z_n, \beta) \quad (14)$$

とし、水辺を「利用する ($i = 1$)」と「利用しない ($i = 2$)」とする二項選択問題として確率変数に IID のガンベル分布を仮定すると(15)式の二項ロジットモデルが与えられる。また、簡単化のためここでは効用関数は線形を仮定した。

$$P_{1n} = \frac{\exp(V_{1n})}{\exp(V_{1n}) + \exp(V_{2n})} \quad (15)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} \quad (16)$$

モデルの推定に使用した主観的評価データは、アンケート調査で得られた29の水辺の認識・評価項目についての回答である。これらは順序尺度であるが（良い、やや良い、ふつう、やや悪い、悪い）= (5, 4, 3, 2, 1)として間隔尺度とみなして使用した。その結果を表7に示す。

モデル1では、個人属性として河川までの所要時間を使用し、水辺の特性変数として29項目の主観的評価データをすべて使用したが、パラメータの符号条件が論理的に説明できない項目と t 値が小さく利用行動に影響を与えない要因とみなされる項目が河川環境の構成要素に関して多くみられる。このことより、主観的評価データには誤差が多く含まれると考えられ、利用行動と主観的評価が必ずしも整合的ではないことが分かる。モデル2およびモデル3はモデル1より符号条件が論理的ではなくものと t 値が小さいものを除外したモデルである。再現精度（的中率）はやや上昇し、 ρ^2 はモデル1に比べ低くなっているが0.2~0.4でも十分高い適合度をもつことからここではモデル3を最適なモデルとした。またモデル4は、総合的な評価を表す集約変数として集約指標を取り入れたモデルである。具体的には対象となる主観的評価データが（やや悪い、悪い）= (2, 1)となる変数の反応数を用いた。

したがって、この変数は不満度を表現することになるが推定結果では再現精度およびt値の改善が見られるもののパラメータの符号条件が正であり論理的に説明ができないものとなった。

また、モデル3の推定結果を用いて河川環境に対する主観的評価水準により利用行動の変化を求めると図15のようになる。全体的な印象とも考えられる「親しみやすさ」の向上により利用行動が大きく変化すること、および1レベルの改善では変化が小さいが2レベルの改善により大きく利用行動が増加することが分かる。

次に、この推定結果を用いた水辺特性の変化(=主観的評価水準の変化)に伴う便益計測を試みる。ここで水辺利用に伴う時間費用については、アンケート調査から得られた所得額と河川までの所要時間および利用回数(最頻値としてすべて同一値とした)に基づき、往復の移動時間と利用回数より移動の時間費用を使用した。便益評価は水辺特性変化前後の効用差として(17)式で求められる(萩原他(1998), Hanemann(1984))。

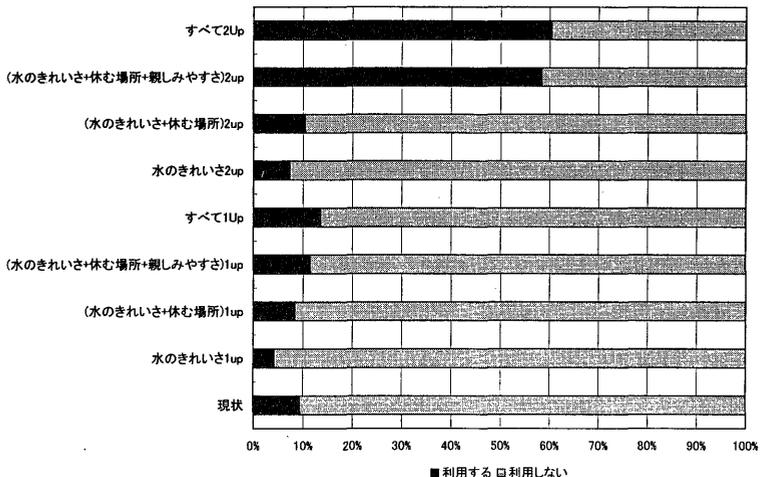


図15 評価水準の変化による利用行動の変化

表7 パラメータの推定結果

Variable	モデル1		モデル2		モデル3		モデル4	
	Parameter	t-ratio	Parameter	t-ratio	Parameter	t-ratio	Parameter	t-ratio
Constant	-11.467	-1.94	-7.198	-3.19	-6.672	-3.74	-15.527	-2.98
所要時間	-0.004	-1.16	-0.002	-0.95	-0.001	-0.46	-0.001	-0.63
水がきれい	1.71	1.39	0.371	0.67	0.453	1.01	0.921	1.76
嫌な匂いがしない	-0.286	-0.27						
ゴミが少ない	-1.081	-1.17						
水量が多い	0.005	0.06	-0.001	-0.16				
木が多い	-0.482	-0.49						
花が多い	-0.004	-1.03						
草が多い	-0.017	-0.17						
昆虫が多い	1.103	1.22	0.006	0.27				
魚が多い	-0.125	-0.11						
鳥が多い	-0.006	-0.4						
人が多い	-0.001	-0.04						
遊歩道が多い	-6.01	-1.61						
堤防が緩やか	-0.708	-0.68						
遊び場所が多い	1.292	0.64	-0.544	-0.54				
公園が多い	-0.288	-0.12						
休む場所が多い	2.415	1.13	0.609	0.65	0.192	0.27	1.015	1.39
トイレが多い	2.607	1.27	0.305	0.32	0.043	0.05		
駐車場が多い	0.005	0.19	0	-0.04				
歩きやすい	0.83	0.6	0.003	0.01				
静かである	0.008	0.28						
水際まで降りやすい	1.181	0.82	0.254	0.37			0.29	0.48
危険を感じない	0.004	0.23	0.004	0.28				
気軽にいける	-0.499	-0.6						
場所が分かりやすい	-0.613	-0.96						
親しみやすい川	2.81	2	0.749	1.43	0.902	2.66	1.361	3.04
眺めてみたい川	1.106	0.89	0.607	1				
水に触れなくなる川	-3.389	-1.5						
入りたくなる川	3.458	1.58	-0.044	-0.05				
泳ぎたくなる川	-2.516	-1.49	-0.684	-0.69				
集約指標							0.239	1.89
$\rho^{2(*)}$		0.50		0.27		0.20		0.27
的中率		91.30%		91.30%		92.20%		93.20%

(*) ρ^2 : McFadden の決定係数

$$CV = -\frac{1}{\beta} \left\{ \ln \left[\sum \exp(V_j') \right] - \ln \left[\sum \exp(V_j) \right] \right\} \quad (17)$$

ここで、 β は所得の限界効用、 V' は変化後の効用水準である。

CV値の推定結果は、水辺特性の1レベル上昇では平均3,441円/人・年(= CV_1)、2レベルの上昇では平均6,573円/人・年(= CV_2)となり、DB-CVMのWTP中央値と比較すると、 $CV_1 < WTP < CV_2$ となる。CVMでは、河川環境の水準変化が不明瞭なため回答者の主観的評価水準の変化が個人で異なり、結果的に中間的な値となったと解釈できる。また、 CV_2 は、2km圏内のサンプルに基づくWTP中央値にほぼ等しいこととも合わせて考えると、 CV_1 を下限値、 CV_2 を上限値としてみるのが適当であろう。

本研究では、時間価値として賃金単価の考え方をを用いたが、このことは水辺利用の機会費用を労働の価値として考えているため年金生活者や子供などの所得のない人々の時間価値としては適当ではない⁶⁾が、世帯単位として考えることで便益のひとつの目安となる。また、CVMの結果との比較では、CVMでは勝納川再生事業により河川環境のどのような要素が、どの程度改善されるかは明確でなく、支払い意志額と環境改善水準との関係が明示的に示されない⁷⁾。本研究で適用した離散的選択モデルに基づく評価方法では、複数の事業代替案に対する受益者の選好に基づいた評価が可能である。このことは複数の代替案の相対的な優劣を比較評価できるため単独の計画案の便益評価に適用するよりも事業計画に有用な計画情報が得られる。

6) また、余暇活動の価値としても妥当ではないかもしれない。人々が余暇時間と引き替えにどのような活動を選択するのか、余暇時間との代替が可能であるかなど、人々の余暇活動の機会費用についても個人により異なると考えられるため、その計測・評価方法が課題である。

7) この観点からはコンジョイント分析の方がプロファイルとして事業内容や環境改善内容が明示的になるので有効であると考えられる。

4. 水辺環境の認識構造分析

離散的選択モデルでは、河川環境に対する主観的評価データを個々に独立変数として取り扱ったが、パラメータ推定結果から個別の環境要素に対する認識が利用行動に影響していると考えerよりも、河川環境に対する総体的な認識・評価が利用行動に大きく影響を及ぼしていると考えることが適当であると考えられる。つまり、個別の環境要素に対する認識が総体的な評価に結びついていると考えられ、1つの仮説として河川環境構成要素に対する認識が全体としてあるいはいくつかの要素グループとして感覚的評価指標に対する認識に影響を及ぼすという原因-結果の因果関係が存在すると考えられるのである。さらに、被験者がかならずしも原因-結果の関係から認識しているとは限らず、個人がもつ河川環境（あるいは水辺）に対する理想像（構成概念）が基礎となり河川環境の特性を認識・評価しているとも考えられる。つまり、直接観察できない構成概念が河川環境の認識・評価に影響を及ぼしている因果関係の存在も考えられるのである。以上の仮説を図式的に表現したものが図16である。

そこで、上述の仮説に基づき観察される多くの現象を表す変数の背後に潜み、それらに影響を与える（あるいは影響を受ける）要因であり直接観察できない仮説的な変数として潜在変数（latent variable）を導入して観測変数との間の因果関係を分析する共分散構造分析を適用し、水辺環境の認識構造を考察する。

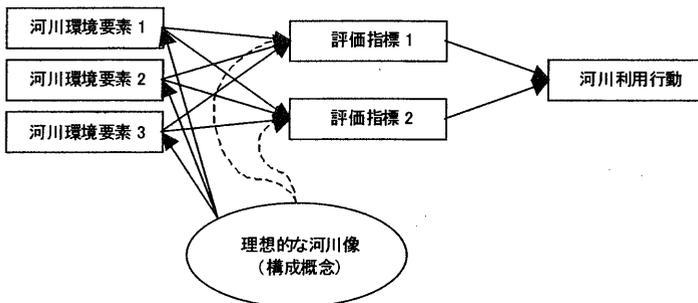


図16 河川利用行動と環境評価意識との因果関係に関する仮説

(1) 潜在変数の抽出

共分散構造分析の目的は①適切な潜在変数を設定すること、②設定された潜在変数の妥当性と潜在変数間の因果関係を検証することである(豊田他, 1992)。しかしながら、潜在変数に関する何らかの仮説が設定できないような場合には、どのような潜在変数を設定することが適切であるかを検討する必要がある。観測変数として河川環境の認識・評価データを使用してケンドールの順位相関係数により観測変数間の相関関係を分析したところ、ほとんどの観測変数間で相関関係が観察され、特に感覚的評価指標間の相関、感覚的評価指標と施設の要素との間の相関が強い傾向が見られた。このことより観測変数の背後に潜む少数の潜在変数が観測変数に影響を与えているため観測変数間の相関関係が生じていると考えられる。

そこで、観測変数(主観的評価データ)を使用して因子分析を行い因子(潜在変数)の抽出を行う。因子分析では、分析結果(因子)の解釈が容易になるように因子の回転を行うが、一般的にはバリマックス回転がよく使用される。バリマックス回転で得られる解は直交解であり因子(潜在変数)間に相関がないものとして導出される。しかし、観測変数と潜在変数を用いて因果関係を分析するには因子どうしが無相関であると考えよりは因子間の相関を前提としたほうが適切であるため、因子間の相関を仮定して導出される斜交解を求められる斜交プロマックス回転を適用した。ケンドールの順位相関係数による観測変数間の相関関係がみられなかった7変数を除外した22変数を使用した結果が表8である。分析モデル1では、固有値1以上の成分が5つ得られた。累積寄与率は70.5%であるが、因子1のみで約41%を占める。各因子について解釈を行うと、因子1は河川敷の施設の要素と強い関係をもつことから「河川敷での活動のしやすさ」と解釈できる。因子2は感覚的評価指標の中で身近な水辺としての指標と強い関係が見られることから「水辺の親近感」と解釈できる。因子3は環境的要素、施設の要素心象イメージ指標が絡み合っておりやや複雑であるが水辺への接近のしやすさと自然が豊かな状態を表すものと関係が強いことから「豊かな水辺の雰囲気」と解釈できる。因子4は親水活動をイメージす

表8 斜交プロマックス回転による因子分析結果

因子パターン行列						共通性
分析モデル1	因子					
	1	2	3	4	5	
公園が多い	1.032	0.017	-0.042	-0.205	-0.039	0.868
休む場所が多い	0.920	0.094	-0.091	0.064	-0.027	0.848
トイレが多い	0.893	-0.082	-0.110	0.090	0.009	0.704
遊び場所が多い	0.821	0.110	0.087	-0.053	-0.043	0.800
駐車場が多い	0.516	-0.032	0.156	0.012	0.163	0.470
親しみやすい川	-0.047	0.847	-0.027	0.038	-0.087	0.650
眺めてみたい川	0.023	0.836	-0.114	0.146	-0.068	0.726
気軽に行ける	0.054	0.674	0.220	-0.139	0.020	0.593
水に触れなくなる川	-0.093	0.589	-0.098	0.438	0.048	0.783
場所が緩やか	-0.101	0.020	0.744	0.094	-0.220	0.487
人が多い	0.227	-0.023	0.591	-0.081	-0.025	0.503
歩きやすい	0.054	0.052	0.533	0.116	0.144	0.532
遊歩道が多い	0.396	-0.201	0.513	0.029	0.032	0.600
危険を感じない	-0.076	0.485	0.435	-0.294	0.179	0.520
魚が多い	0.105	0.134	0.401	0.168	-0.012	0.440
水際まで降りやすい	0.325	-0.124	0.383	0.273	-0.072	0.541
木が多い	0.083	0.099	0.299	0.170	-0.074	0.260
花が多い	0.152	0.208	0.265	0.088	0.087	0.382
入りたくなる川	-0.034	0.045	0.007	0.910	0.053	0.888
泳ぎたくなる川	-0.009	0.006	0.205	0.761	0.022	0.779
嫌な匂いがしない	-0.051	-0.105	-0.069	-0.014	0.977	0.829
水がきれい	0.064	0.075	-0.141	0.143	0.724	0.622
累積寄与率%	41.02	53.39	60.34	65.66	70.50	
固有値	9.025	2.722	1.529	1.171	1.064	

因子パターン行列					
因子	1	2	3	4	5
1	1.000	0.361	0.678	0.441	0.237
2	0.361	1.000	0.526	0.582	0.437
3	0.678	0.526	1.000	0.468	0.308
4	0.441	0.582	0.468	1.000	0.292
5	0.237	0.437	0.308	0.292	1.000

因子パターン行列				共通性
分析モデル3	因子			
	1	2	3	
公園が多い	0.963	-0.147	-0.020	0.823
休む場所が多い	0.857	0.110	-0.046	0.812
遊び場所が多い	0.834	0.081	-0.016	0.754
トイレが多い	0.816	-0.082	0.065	0.633
遊歩道が多い	0.694	0.053	-0.060	0.503
駐車場が多い	0.663	-0.024	0.123	0.466
人が多い	0.585	0.039	-0.041	0.356
水に触れなくなる川	-0.057	0.931	0.035	0.851
眺めてみたい川	-0.036	0.838	-0.025	0.662
入りたくなる川	0.032	0.823	0.004	0.704
親しみやすい川	-0.060	0.729	-0.016	0.489
泳ぎたくなる川	0.177	0.685	0.003	0.607
嫌な匂いがしない	-0.021	-0.074	0.843	0.664
水がきれい	0.028	0.100	0.818	0.753
累積寄与率%	43.2	61.8	71.7	
固有値	6.055	2.593	1.386	

因子パターン行列			
因子	1	2	3
1	1.000	0.430	0.165
2	0.430	1.000	0.386
3	0.165	0.386	1.000

因子パターン行列						共通性
分析モデル2	因子					
	1	2	3			
公園が多い	0.968	-0.195	-0.005	0.795		
休む場所が多い	0.860	0.065	-0.025	0.791		
遊び場所が多い	0.848	0.047	-0.011	0.757		
トイレが多い	0.819	-0.127	0.083	0.607		
遊歩道が多い	0.725	0.032	-0.058	0.537		
駐車場が多い	0.679	-0.055	0.139	0.471		
人が多い	0.601	0.009	-0.022	0.363		
水際まで降りやすい	0.548	0.309	-0.142	0.522		
歩きやすい	0.446	0.311	0.027	0.438		
水に触れなくなる川	-0.086	0.925	0.056	0.825		
入りたくなる川	0.011	0.848	-0.007	0.723		
眺めてみたい川	-0.056	0.816	0.013	0.633		
親しみやすい川	-0.073	0.725	0.003	0.481		
泳ぎたくなる川	0.174	0.715	-0.015	0.652		
水がきれい	0.039	0.085	0.890	0.869		
嫌な匂いがしない	-0.009	-0.026	0.755	0.555		
累積寄与率%	43.6	60.0	68.8			
固有値	6.982	2.614	1.414			

因子パターン行列			
因子	1	2	3
1	1.000	0.476	0.150
2	0.476	1.000	0.358
3	0.150	0.358	1.000

因子パターン行列						共通性
分析モデル4	因子					
	1	2	3			
公園が多い	0.965	-0.143	-0.025	0.829		
休む場所が多い	0.868	0.111	-0.051	0.831		
遊び場所が多い	0.838	0.088	-0.044	0.759		
トイレが多い	0.837	-0.086	0.060	0.663		
遊歩道が多い	0.653	0.065	-0.045	0.457		
駐車場が多い	0.641	-0.014	0.125	0.444		
水に触れなくなる川	-0.064	0.933	0.028	0.844		
眺めてみたい川	-0.048	0.841	-0.021	0.662		
入りたくなる川	0.043	0.819	-0.004	0.707		
親しみやすい川	-0.062	0.729	-0.011	0.491		
泳ぎたくなる川	0.186	0.684	0.001	0.612		
水がきれい	0.037	0.092	0.831	0.773		
嫌な匂いがしない	-0.015	-0.069	0.831	0.648		
累積寄与率%	44.3	63.5	74.1			
固有値	5.76	2.492	1.386			

因子パターン行列			
因子	1	2	3
1	1.000	0.430	0.167
2	0.430	1.000	0.385
3	0.167	0.385	1.000

因子パターン行列						共通性
分析モデル5	因子					
	1	2	3			
公園が多い	0.964	-0.106	0.007	0.872		
休む場所が多い	0.880	0.093	-0.036	0.827		
遊び場所が多い	0.847	0.081	-0.036	0.761		
トイレが多い	0.800	-0.062	0.061	0.626		
眺めてみたい川	-0.038	0.904	-0.046	0.763		
入りたくなる川	0.030	0.840	0.042	0.755		
水がきれい	0.023	0.116	0.827	0.786		
嫌な匂いがしない	-0.017	-0.095	0.818	0.610		
累積寄与率%	46.7	70.9	84.6			
固有値	3.739	1.929	1.100			

因子パターン行列			
因子	1	2	3
1	1.000	0.344	0.158
2	0.344	1.000	0.418
3	0.158	0.418	1.000

ることから「親水性」と解釈でき、因子5は「水の清浄さ」と解釈できる。また因子間の相関は因子1と因子3との間でやや強い相関(0.678)が見られ、もっとも弱い相関が因子1と因子5の関係(0.237)であるが無相関であるとは判断しがたい。そこで、できるだけ少数の因子から観測変数が影響を受けるような単純構造を探るため共通性の低い変数を除外して因子数を少なくしたモデルを構築した結果がモデル2～5である。その結果、すべてのモデルで固有値1以上の成分が3つ得られた。各因子について解釈を行うと、因子1は「河川敷での活動のしやすさ」と解釈でき、因子2は「水辺の親近感」、因子3は「水の清浄さ」と解釈できる。因子間の相関は、すべての分析モデルにおいて因子1と因子3の相関が低く、モデル2～4では因子1と因子2の相関がもっとも強く、モデル5では因子2と因子3の相関が最大となっている。そこで、因果モデルでは、因子分析モデル4を基本に分析モデル5も考慮しつつこの3つの因子を構成概念である潜在変数として取り上げ、因子間の相関関係を参考にして因果モデルを作成する。

(2) 因果モデルの作成

因子分析では因子間の因果の方向に関する情報は得られないため、因子間の相関の強さと因子の意味から因子間の因果の方向を仮定して因果モデルを構築する。

まず、各因子の意味から因果関係を考えると、因子1「活動のしやすさ」、因子2「水辺の親近感」、因子3「水の清浄さ」の意味からきれいな水の存在が水辺利用を促し結果として景観や親水活動を楽しむイメージに帰着すると考えられることから、因子3→因子2という因果関係が想定できる。

また、河川敷での余暇活動が水辺の親近感に結びつくと考えられることから、因子1→因子2という因果関係が想定できる。次に、因子1と因子3の因果関係は水のきれいさが河川敷での活動を発生させると考えられるが、因子間相関が弱いことから因果関係を仮定しないことが妥当と思われる。以上の因果想定から因果モデル1を構築した。

ところで、因子1と因子2の相関はモデル2～4では因子2と因子3の相関よりも強く、モデル5ではその逆である。このことを因果の方向性に関連させて考えると「活動のしやすさ」と「水の清浄さ」は「水辺の親近感」を介して相互に影響を受けているとも考えられる。そこで、因子2と因子1、因子2と因子3の因果関係を双方向と仮定した因果モデル2を設定し、さらに水辺近くでの活動が水質に対する関心を強め、水質改善行動に結びつく場合も考えられるため因子1と因子3の間にも双方向の因果関係を仮定した因果モデル3を設定してモデルの比較を行うこととした。図17には3つの因果モデルの因子間の連鎖を示す。

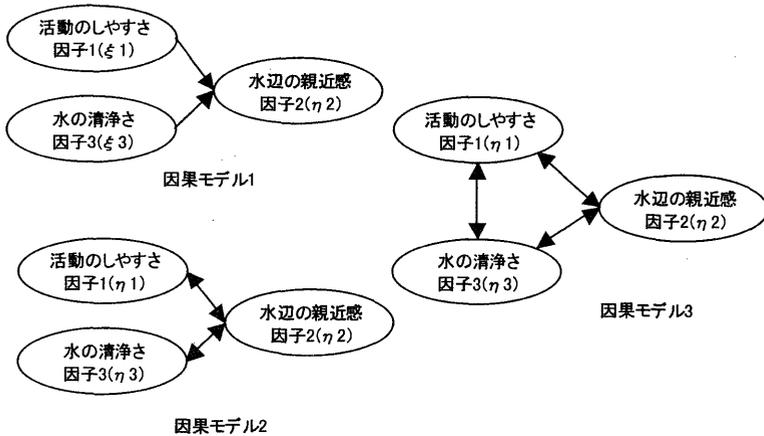


図17 因果モデル

また、潜在変数と観測変数間の関係であるが、因子分析では潜在変数（因子）が観測変数に影響を及ぼすことが想定されているため、潜在変数→観測変数という因果関係が想定されている。また、観測変数は潜在変数との因果関係だけでは説明できない変動をもつことから、この要因として誤差変数をモデルに導入する。

(3) 認識構造モデルの推定

作成した因果モデルは、共分散構造モデルの下位モデルで多重指標モデル (Multiple indicator model) と呼ばれるものである。これら3つのモデルの場合、測定方程式と構造方程式は以下ようになる。因果モデル1は測定-構造方程式モデル、因果モデル2と3は測定方程式モデルである。

ここで、 ξ : 潜在変数 (外生変数), η : 潜在変数 (内生変数), x : 観測変数 (x_1 : 水がきれい, x_2 : 嫌な匂いがしない, x_3 : 遊歩道が多い, x_4 : 遊び場所が多い, x_5 : 公園が多い, x_6 : 休む場所が多い, x_7 : トイレが多い, x_8 : 駐車場が多い, x_9 : 親しみやすい川, x_{10} : 眺めてみたい川, x_{11} : 水に触れたい川, x_{12} : 入りたくなる川, x_{13} : 泳ぎたくなる川), λ : 未知パラメータ (測定方程式の外生変数からの因果係数), κ : 未知パラメータ (測定方程式の内生変数からの因果係数), γ : 未知パラメータ (構造方程式の外生変数からの因果係数), e : 観測変数の誤差変数, ζ : 潜在変数の誤差変数である。

● 因果モデル1

① 測定方程式

$$\begin{aligned}
 x_3 &= \lambda_3^1 \zeta_1 + e_3 & x_9 &= \kappa_9^2 \eta_2 + e_9 \\
 x_4 &= \lambda_4^1 \zeta_1 + e_4 & x_{10} &= \kappa_{10}^2 \eta_2 + e_{10} \\
 x_1 &= \lambda_1^3 \zeta_3 + e_1 & x_{11} &= \kappa_{11}^2 \eta_2 + e_{11} \\
 x_2 &= \lambda_2^3 \zeta_3 + e_2 & x_{12} &= \kappa_{12}^2 \eta_2 + e_{12} \\
 x_5 &= \lambda_5^1 \zeta_1 + e_5 & x_{13} &= \kappa_{13}^2 \eta_2 + e_{13} \\
 x_6 &= \lambda_6^1 \zeta_1 + e_6 \\
 x_7 &= \lambda_7^1 \zeta_1 + e_7 \\
 x_8 &= \lambda_8^1 \zeta_1 + e_8
 \end{aligned} \tag{18}$$

② 構造方程式

$$\eta_2 = \gamma_1 x_1 + \gamma_3 x_3 + \zeta_2 \tag{19}$$

● 因果モデル2および3

① 測定方程式

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \kappa_1^3 \eta_3 + e_1 \\
 x_2 &= \kappa_2^3 \eta_3 + e_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_3 &= \kappa_3^1 \eta_1 + e_3 \\
 x_4 &= \kappa_4^1 \eta_1 + e_4 \\
 x_5 &= \kappa_5^1 \eta_1 + e_5 \\
 x_6 &= \kappa_6^1 \eta_1 + e_6 \\
 x_7 &= \kappa_7^1 \eta_1 + e_7 \\
 x_8 &= \kappa_8^1 \eta_1 + e_8 \\
 x_9 &= \kappa_9^2 \eta_2 + e_9 \\
 x_{10} &= \kappa_{10}^2 \eta_2 + e_{10} \\
 x_{11} &= \kappa_{11}^2 \eta_2 + e_{11} \\
 x_{12} &= \kappa_{12}^2 \eta_2 + e_{12} \\
 x_{13} &= \kappa_{13}^2 \eta_2 + e_{13}
 \end{aligned} \tag{20}$$

上記の測定方程式および構造方程式の未知パラメータを最尤推定法により推定した⁴⁾結果を図18のパス・ダイアグラムおよび表9に示している。共分散構造モデルの分析結果を解釈するには標準化された解を用いるためパス・ダイアグラムでも標準化係数を示している。

モデルの適合度は、モデル3が最もよく適合しており確率値も0.45に改善されている。GFI (Goodness of Fit Index) と AGFI (Adjusted GFI) はそれぞれ、0.954と0.872である。GFIは0.9以上であればモデ

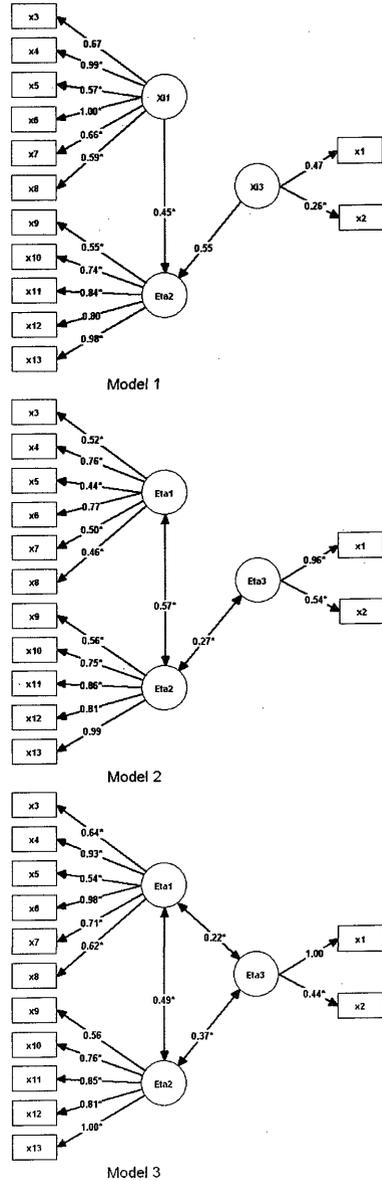


図18 因果モデルのパス・ダイアグラム

4) 推定にはEQS Ver5.7を使用した。

ルはデータをうまく説明していると考えられるが AGFI との差が若干見られパラメータの安定性に問題がある。また、RMR (Root Mean square Residual : 残差平方平均平方根) と RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) はそれぞれ 0.026 と 0.015 であり、いずれもこのモデルが受容できる値となっている。パラメータの検定統計量は 2 つ (x_1 水がきれい, x_9 親しみやすい川) を除いて有意である。したがって、3 つの因果モデルのうちモデル 3 が最適なモデルと判断できる。

そこで、モデル 3 について分析結果を解釈すると、因子分析より抽出した 3 つの潜在変数 (因子) 間の関係は、それぞれ相互に相関を示すことが判明した。つまり、「活動のしやすさ」「水の清浄さ」「親近感」は相互に影響し合って各評価指標を規定していると考えられ、潜在変数間の相関の強さは因子間相関の大きさと整合しており、「活動のしやすさ」と「親近感」とパス係数をもっとも大きく (0.49)、次いで「水の清浄さ」と「親近感」(0.37)、「活動のしやすさ」と「水の清浄さ」(0.22) となっている。つまり、活動のしやすさが河川水辺の親近感を規定する度合いが水質よりも強いことを示している。次に、各潜在変数と観測変数間の規定力の強さ (直接効果) についてみると、「活動のしやすさ」は「 x_6 休む場所が多い (0.977)」と「 x_4 遊び場所が多い (0.926)」に対して強い影響力を示しており、「親近感」は「 x_{13} 泳ぎたくなる川 (0.996)」と「 x_{11} 水に触れたくなる川 (0.849)」に対して強い影響力を示している。つまり、河川水辺の親近感の水と直接接する活動イメージを強く規定している。

以上のことをまとめると、河川空間における活動のしやすさと河川水の清浄さが水辺に対する親近感を生み出し親水性を認識・評価するという構造がみられ、かつ潜在変数が相互に (双方向の) 影響を及ぼすことから、たとえば水辺の散策により河川への親近感が生まれ、それが水質改善行動へと結びつき、水質改善が親水活動を誘発しさらに親近感を増幅させるといった認識・評価のフィードバックにより環境改善意識や水辺利用行動が行われていると考えられる。

以上のように構成概念を潜在変数として導入し共分散構造モデルを推定する

表9 共分散構造モデルの推定結果

	Model1		Model2		Model3	
	parameter	test stat.	parameter	test stat.	parameter	test stat.
x1	1.192	0.000	0.963	13.062	1.000	0.000
x2	0.679	2.567	0.552	2.497	0.459	2.303
x3	0.876	0.000	0.752	4.124	0.791	3.887
x4	1.162	3.896	0.999	7.257	1.034	12.060
x5	0.638	3.155	0.549	4.448	0.578	3.973
x6	1.050	4.130	0.902	0.000	0.977	7.290
x7	0.619	3.353	0.530	4.484	0.637	4.764
x8	0.665	3.021	0.571	3.496	0.666	3.676
x9	0.952	3.913	0.930	3.858	0.822	0.000
x10	1.116	5.259	1.094	5.195	0.986	5.751
x11	1.127	8.205	1.102	6.912	0.979	4.683
x12	1.001	0.000	0.979	8.774	0.872	4.146
x13	1.000	8.792	0.978	0.000	0.886	4.103
ξ_1	0.484	2.764	—	—	—	—
ξ_2	1.077	1.685	—	—	—	—
$\eta_1 \leftrightarrow \eta_2$	—	—	0.214	4.219	0.249	3.350
$\eta_1 \leftrightarrow \eta_3$	—	—	—	—	0.123	2.713
$\eta_2 \leftrightarrow \eta_3$	—	—	0.158	3.478	0.256	2.807
	standardized		standardized		standardized	
	solution	R-squared	solution	R-squared	solution	R-squared
x1	0.466	0.218	0.928	0.928	1.000	1.000
x2	0.258	0.066	0.286	0.286	0.445	0.198
x3	0.670	0.449	0.267	0.267	0.637	0.406
x4	0.989	0.979	0.582	0.582	0.926	0.857
x5	0.566	0.321	0.191	0.191	0.539	0.290
x6	0.999	0.997	0.592	0.592	0.977	0.955
x7	0.655	0.429	0.253	0.253	0.709	0.502
x8	0.591	0.349	0.207	0.207	0.623	0.388
x9	0.550	0.302	0.311	0.311	0.560	0.314
x10	0.736	0.541	0.560	0.560	0.759	0.576
x11	0.842	0.710	0.731	0.731	0.849	0.721
x12	0.801	0.642	0.662	0.662	0.812	0.659
x13	0.978	0.956	0.987	0.987	0.996	0.992
ξ_1	0.448	—	—	—	—	—
ξ_3	0.555	0.509	—	—	—	—
$\eta_1 \leftrightarrow \eta_2$	—	—	0.571	—	0.493	—
$\eta_1 \leftrightarrow \eta_3$	—	—	—	—	0.220	—
$\eta_2 \leftrightarrow \eta_3$	—	—	0.265	—	0.374	—
χ^2	41.311		41.312		33.362	
df	34		34		33	
p value	0.182		0.182		0.450	
GFI	0.944		0.944		0.954	
AGFI	0.851		0.851		0.872	
RMR	0.052		0.052		0.026	
RMSEA	0.048		0.048		0.015	
CFI	0.992		0.992		1.000	
AIC	-26.689		-26.689		-32.638	
CAIC	-149.265		-149.265		-151.609	

ことで水辺環境の認識構造の因果関係とその強さが数量的に把握でき、この情報を計画情報として河川環境改善計画に活かせる可能性が認められた。すなわち、住民の効用を上昇させるためには施設面と環境面の両面からの改善が必要不可欠であり、モデル1と2のパスダイヤグラムのような潜在的な構成概念の連鎖の一部を絶つような一面的な改善では逆に不満感を増幅させる可能性もある。

おわりに

本研究では、多自然型河川工法に焦点を当て、排水路と化した河川を再生しようとする事業の効果について河川環境の間接的利用価値をCVMおよびDCモデルに基づく便益評価を試みた。その結果、人々と水辺の(心理的)距離を縮めることを目的として河川空間における水辺利用を活発化するような事業では、人々の環境認識・評価データに基づいた選好行動から複数の事業代替案を比較評価できるランダム効用理論に基づくDCモデルが有効かつ適当であることが確認できた。

また、共分散構造モデルにより河川空間における活動のしやすさと水の清浄さが水辺に対する親近感を生み出し親水性を認識・評価するという構造が確認でき、潜在的な構成概念が相互に影響を及ぼしあい、認識・評価のフィードバックにより環境改善意識や水辺利用行動が行われていることが示唆された。

しかし、本研究の対象河川のように現状において余暇的利用が不可能な河川に対しては、モデル推定に必要な十分なデータを得るために水辺利用を余暇活動に限定せずに、通勤・通学や買い物などの通行時においても良好な水辺景観や雰囲気から潜在的な便益が得られると考えられることから、そのような行動にまで利用行動の定義を拡大してデータを収集する必要があると思われる。

また、構成概念を潜在変数として利用行動モデルに導入することで水辺利用行動の説明力を向上できる可能性を確認できたが、観測変数間における原因-結果の因果関係が明確になるように調査票の設計に工夫を要する。など残され

た課題も多い。

今後は、事業計画案の評価に資する河川環境に対する認知-判断-行動の意思決定プロセスをモデル化し、共分散構造モデルによる利用行動モデルの精緻化を図るとともに、認知-判断における価値観の違い、効用の異質性を考慮した分析モデルを追究し、適切な事業計画評価方法を研究する考えである。

参 考 文 献

- [1] Adamowicz, Wiktor, Louviere, Jordan, Williams, Michael (1994) : Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities. *Journal of environmental economics and management* 26 (3) 271-292.
- [2] Adamowicz, Wiktor, Swait, Joffre, Boxall, Peter et al (1997) : Perceptions versus Objective Measures of Environmental Quality in Combined Revealed and Stated Preference Models of Environmental Valuation. *Journal of Environmental Economics and Management* 32(1) 65-84.
- [3] Bockstael N.E.,Kling C.L.,Hanemann W.M (1987) : Estimating the value of water quality improvements in a recreational demand framework. *Water Resources Research* 23(5) 951-960.
- [4] Bollen, A Kenneth (1989) : STRUCTURAL EQUATIONS WITH LATENT VARIABLES, John Wiley & Sons
- [5] Boxall, C Peter., Adamowicz, L Wiktor., Swait, Joffre et al (1996) : A comparison of stated preference methods for environmental valuation. *Ecological Economics* 18, 243-253.
- [6] Cameron, T A., Quiggin, J (1994) : Estimation Using Contingent Valuation Data from a "Dichotomous Choice with Follow-up" Questionnaire. *Journal of Environmental Economics and Management* 27(3) 218-234.
- [7] Creel, Michael, Loomis, John (1992) : Recreation Value of Water to Wetlands in the San Joaquin Valley : Linked Multinomial Logit and Count Data Trip Frequency Models. *Water Resources Research* 28(10) 2597-2606.
- [8] Hanemann, W Michael (1982) : APPLIED WELFARE ANALYSIS WITH QUALITATIVE RESPONSE MODELS. *University of California, Division of Agricultural Sciences, Working Paper* 241
- [9] Hanemann, W Michael (1984) : Welfare Evaluation in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses. *American Journal of Agricultural Economics* 66, 332-341.
- [10] Hanemann, W Michael (1989) : Welfare Evaluation in Contingent Valuation Experiments with Discrete Response Data : Reply. *American Journal of Agricultural Economics* 71, 1057-1061.
- [11] Hanemann, W Michael., Loomis, John, Kanninen, Barbara (1991) : Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation. *American Journal of Agricultural Economics* 73(4) 1255-1263.
- [12] Mitchell, Robert Cameron., Carson, Richard T (1989) : USING SURVEYS TO VALUE PUBLIC GOODS : THE CONTINGENT VALUATION METHOD, Re-

source for the Future

- [13] Turner, R K., Pearce, D, Bateman, I (1994) : ENVIRONMENTAL ECONOMICS : AN ELEMENTARY INTRODUCTION, Harvester Wheatsheaf
- [14] 大谷悟, 末次忠司, 井上智夫 ほか (1998) : 河川事業の仮想状況調査法 (CVM) 適用に関する一考察. 環境システム研究26, 571-576.
- [15] 小樽土木現業所 (1999) 『勝納川計画調査報告書 (治水経済調査)』
- [16] 狩野裕 (1997) 『グラフィカル多変量解析』現代数学社
- [17] 栗山浩一 (1997) 『公共事業と環境の価値: CVM ガイドブック』築地書館
- [18] 栗山浩一 (1998) 『環境の価値と評価手法』北海道大学図書刊行会
- [19] 畔柳昭雄, 渡邊秀俊 (1999) 『都市の水辺と人間行動』共立出版
- [20] 清水丞, 萩原清子, 萩原良巳 (1999) : 潜在変数を考慮した水辺利用行動選択モデルの環境評価への適用. 環境情報科学論文集13, 155-160.
- [21] 高須祐行, 須賀堯三 (1989) : 河川空間における親水性意識構造に関する研究. 土木学会第44回年次学術講演会 200-201.
- [22] 高田伸二, 屋井鉄雄, 寺部慎太郎 (1998) : 交通計画に対する市民意識の構造分析, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集4, 212-213.
- [23] 竹内憲司 (1999) 『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
- [24] 張昇平, 萩原清子, 萩原良巳ほか (1998) : 水辺環境整備における非集計行動モデルの適用方法. 京都大学防災研究所水資源研究センター研究報告18, 129-135.
- [25] 寺部慎太郎, 屋井鉄雄 (1998) : 交通計画策定プロセスに対する市民参加意識の日米比較, 日本行動計量学会第26回大会発表論文抄録集, 33-36
- [26] 豊田秀樹, 前田忠彦, 柳井晴夫 (1992) 『原因をさぐる統計学』(ブルーバックス) 講談社
- [27] 豊田秀樹 (1998a) 『共分散構造分析[事例編]』北大路書房
- [28] 豊田秀樹 (1998b) 『共分散構造分析[入門編]』朝倉書店
- [29] 萩原清子, 中杉修身 (1983) : 水質改善による便益: 都市用水の場合. 地域学研究14(1) 17-30.
- [30] 萩原清子, 萩原良巳 (1993) : 水質の経済的評価. 環境科学会誌 6(3) 201-213.
- [31] 萩原清子 (1996) : 環境の経済的評価: 特に水環境を中心として. 京都大学防災研究所水資源研究センター研究報告16, 13-21.
- [32] 萩原清子 (1998) : 都市の水辺環境創出に関する理論的・実証的研究. 京都大学防災研究所水資源研究センター研究報告18, 51-57.
- [33] 萩原良巳, 萩原清子, 高橋邦夫 (1998) 『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
- [34] 萩原清子 (1999) : 都市域の水辺環境の評価. 鷺田豊明, 栗山浩一, 竹内憲司 編著 『環境評価ワークショップ: 評価手法の現状』築地書館 pp 105-117.

- [35] 平松登志樹, 肥田野登 (1989) : 河川環境改善効果の計測手法の比較分析. 土木計画学研究論文集7, 107-114.
- [36] 村川三郎, 西名大作 (1986) : 住民意識による都市内河川環境評価の分析 : 河川環境評価手法に関する研究 その1. 日本建築学会計画系論文報告集366, 42-51.
- [37] 村川三郎, 飯尾昭彦, 西田勝 ほか (1986) : 長良川・筑後川・四万十川の特性と河川環境評価の分析 : 住民意識に基づく水環境評価に関する研究 その2. 日本建築学会計画系論文報告集363, 9-19.
- [38] 村川三郎, 西名大作 (1988) : 現地実験, スライド実験および住民意識調査による河川環境評価の比較分析 : 河川環境評価手法に関する研究 その2. 日本建築学会計画系論文報告集384, 1-11.
- [39] 矢部光保, 佐藤博樹, 西澤栄一郎ほか (1999) : 提示額バイアスを除去したCVMによる公共サービスの経済評価. 農業総合研究 53(1) 1-43.
- [40] 柳井晴夫 (1994) 『多変量データ解析法』朝倉書店
- [41] 山本嘉一郎, 小野寺孝義 (1999) 『AMOSによる共分散構造分析と解析事例』ナカニシヤ出版
- [42] 山下三平, 元永秀, 坂本紘二 ほか (1989) : 都市河川環境に対する住民の評価構造. 土木学会第44回年次学術講演会 204-205.
- [43] 山本 充, 加藤修一 (1995) : 都市住民の生活環境に係る評価意識構造 : 都市河川の環境整備を事例として. 地域学研究 25(1) 235-249.
- [44] 山本充 (1996) : レクリエーション利用に伴う潜在便益の評価 : 都市郊外の河川公園を事例として. 日本地域学会第33回年次大会論稿集 18-25.
- [45] 山本充 (1999) : 河川の公益的機能評価に関する考察(1). 商学討究 50(1) 小樽商科大学
- [46] 山本充 (2000) : 河川の公益的機能評価に関する考察(2). 商学討究 50(2) (3) 小樽商科大学
- [47] 鷺田豊明 (1999) 『環境評価入門』勁草書房