

コンジョイント分析による沿岸域環境の経済評価に関する研究

熊谷 健 蔵*・松原 雄 平**

1. はじめに

近年, 我が国の沿岸域では環境改変の是非をめぐる論議が随所で見られ, 沿岸域環境の評価基準の多様性あるいは環境を経済学的に評価することの困難さ, さらには地域住民の環境に対する意識の高まり等を呈示している。

一般に環境の価値には, 直接的な消費財あるいは価格として価値が評価される「利用価値」と, 直接的な消費につながらるものではなく, そこに存在する価値そのものが評価される「非利用価値」の2つがあるとされる(例えば, 栗山, 1997)。商品価格などによって, その価値を評価しうる利用価値に対して, 価格が存在しない非利用価値に関しては, 評価尺度を経済学的手法によって導入するのが一般的である。

その代表的な手法として, 近年, 仮想評価法(CVM)が多く用いられている。しかし, 仮想評価法はあくまでも環境全体あるいは環境価値を単一属性で考え, その評価価値を計算する手法である。例えば, ある湾域で水質の浄化事業を計画している場合, 水質環境の改善便益を仮想評価法で評価しようとする, 回答者は対象となる湾域全体の水質環境だけを問題と考えてしまうであろう。アンケートの中で水質浄化事業の施策について説明したとしても, あくまでも水質浄化事業についての説明にすぎず, それぞれの施策(属性)に対する評価を求めることはできない。従って, 仮想評価法においては, 回答者がある支払い意志額を決定したとしても, どのような施策(属性)を前提として, 支払い意志額を決定したかを知ることができず, 回答者の選考強度を求めることができない。

このような属性間の評価ウェイトを求める手法として, コンジョイント分析が最近注目されつつある。コンジョイント分析は属性間の評価ウェイトの導出を目的としており, コンジョイント分析を用いた研究事例として竹内(1998)らによる油流出事故の沿岸生態系への影響

評価がある。竹内らは, 油流出防止対策(海水浴場・釣り場などのレクリエーション地の保護, におい・めまいの防止, 干潟の保護, 漁港の保護)の優先順位づけという観点から, 東京湾を対象としてコンジョイント分析を用いて検討している。しかし, 環境評価の分野におけるコンジョイント分析の研究は近年始められたばかりで, 評価事例は少ない(栗山, 1999)。

このような背景をふまえ, 本研究では環境を構成する各属性間の評価ウェイトの算定が可能な方法であるコンジョイント分析を用いて, 閉鎖性湾における環境改善施策の社会的評価を行い, 各改善施策の優先順位決定手法の確立および社会経済的評価を考慮した代替案検討手法の確立を目指すものである。

2. 環境価値の評価手法

2.1 環境の多属性評価

コンジョイント分析は1960年代に計量心理学と統計学の分野で開発され, その後, マーケティング・リサーチの分野で発展してきている。コンジョイント分析は仮想評価法と類似点が多いが, 最も重要な相違点は, 環境を構成する個々の属性に対して共通の尺度を用いた評価が可能になることである(鷲田, 1999)。

いま, ある湾域の状況について二つの状態AとBがあるとする。この二つの状態は仮にそれぞれの湾域の環境を構成する3つの属性の状態から構成されているとし, このとき, 湾域環境のある属性の状態の差(状態Aから状態Bへの変化)の貨幣評価を導出するのが仮想評価法であり, その個々の属性の変化(たとえば属性1の環境状態Aから環境状態Bへの変化)の評価ウェイトを求め

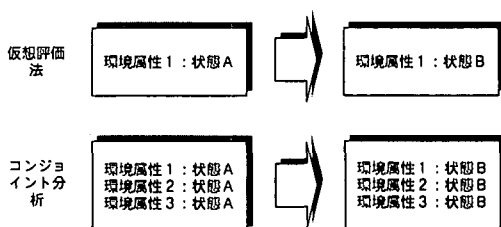


図1 評価手法の相違点

* 正会員 鳥取大学大学院工学研究科社会開発工学専攻後期博士課程

** 正会員 工博 鳥取大学工学部土木工学科助教授

るのがコンジョイント分析である。

2.2 コンジョイント分析による環境改善便益の計測

コンジョイント分析には、ランダム効用関数の理論を基礎とした選択型・ランキング型およびペアワイズ評定型の二方法が提案されている。前者は、複数のプロファイルを示し最も選考するものを選択させたり、あるいは各プロファイルの選考の順序を表明させる手法であり、後者はプロファイルのペアを示して、どちらをどれだけ選考するかを評定させる手法である。ここではプロファイル・デザインを回答者に多く提示することができる選択型・ランキング型について計測方法を示す（鷲田，1999）。

選択型・ランキング型コンジョイントによって属性の選考強度を理論的に推計するモデルでは、属性を含むものとして効用関数を取り扱う。

i 番目のプロファイルに含まれている属性の総数を n ，また第 j 属性のレベルを Q_{ji} とすると，その確率的効用関数は次のように表される。

$$U_i = V_i(Q_{1i}, Q_{2i}, \dots, Q_{ni}) + \varepsilon_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

回答者に選択肢が S 個提示されるとし，選択肢の集合 C の中で i が選択される確率 $P_{i \cdot c}$ は，その i のプロファイルに回答者が最も高い効用を感じた時であるから，次のように表される。

$$P_{i \cdot c} = P[V_i(Q_{1i}, Q_{2i}, \dots, Q_{ni}) + \varepsilon_i \geq V_j(Q_{1j}, Q_{2j}, \dots, Q_{nj}) + \varepsilon_{ji}, j \in C] \quad \dots\dots\dots (2)$$

McFadden (1974) は，誤差項が *Gumbel* 分布に従うと仮定した場合， i が選択される確率は

$$P_i = e^{U_i} / \sum e^{U_k} \quad \dots\dots\dots (3)$$

と表すことができることを示した。このとき，対数尤度関数は次式で示される。

$$\ln L = \sum \{d_i \ln(e^{U_i} / \sum(e^{U_1} + e^{U_2} + \dots + e^{U_n}))\} \quad (4)$$

ここに， d_i はプロファイル j を回答者が選んだ時に 1，それ以外の時に 0 となるダミー変数である。この対数尤度を最大化するような属性パラメータ β_j が推計される。

ここで，この推定係数 β_j から，各属性 1 単位の貨幣評価価値を求めることができる。たとえば，第 1 属性を税金あるいは他の貨幣支出を表す属性であるとする，第 j 属性の貨幣価値（限界支払い意志額）は次式によって算定することができる。

$$WTP_j = \beta_j / \beta_1 \quad \dots\dots\dots (5)$$

3. アンケートの実施

3.1 対象とする事業

本研究では閉鎖性が高く，環境悪化が進みつつあるといわれる三河湾を対象とした。三河湾における環境改善の施策としては，干潟の創出，藻場の復元，底質改善（覆砂）の三施策を想定し，各改善施策の優先順位を住民の

社会経済的評価から決定することを目的とした。

アンケートにおいては被験者に三河湾の環境の現状を示した上で，各施策の内容と効果を説明した。三河湾の現状については，これまでに消滅した干潟と藻場の範囲や底質環境が悪化している範囲を図で示し，施策が具体的にイメージできるように配慮した。また，コンジョイント分析のアンケートに入る前に，施策の内容が理解されたかを確認するために，干潟や藻場の役割（運輸省港湾局，1998a，1998b）について聞き取りを行った。

下記に回答者に説明した各施策の役割を示す。

- ① 干潟
 - ・生物生息機能
 - ・水質浄化機能
 - ・生物生産機能
 - ・親水機能
- ② 藻場
 - ・産卵場機能
 - ・幼稚仔魚育成機能
 - ・飼料供給機能
 - ・環境保全機能
- ③ 底質改善
 - ・覆砂による水質改善

3.2 アンケート方法

a) コンジョイント分析

コンジョイント分析では，一般的にはプロファイルと呼ばれるカードが用いられ，まず，プロファイル・デザインを行う必要がある。プロファイルとは，いくつかの水準をもった属性のリストのことである。コンジョイント分析では，属性の水準をどのように組み合わせ，どれだけの数のプロファイルを一人的回答者に示すかという，プロファイル・デザインが非常に重要である。

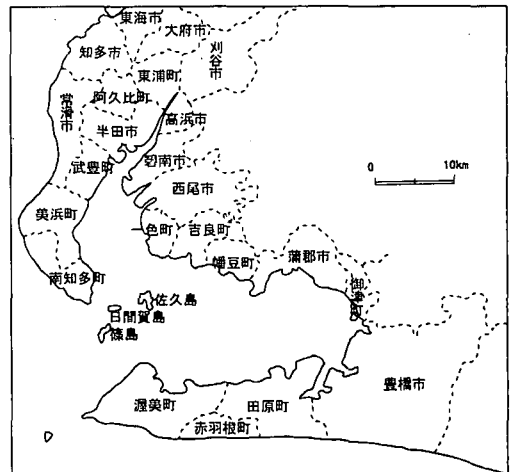


図-2 アンケート調査の対象とした三河湾

本研究においては、環境改善施策である干潟の創出、藻場の復元、底質の改善(覆砂)の3つの属性に税金による負担額を加えた計4つの属性についてプロフィール・デザインを考える。まず、4つの属性の水準をそれぞれ以下のように各属性とも4水準に設定する。

ここで、干潟の創出および藻場の復元の各属性では、埋立等で失われた面積に対する創出および復元の面積の比率で、底質の改善については汚染範囲に対する底質の改善面積の比率である。

4属性4水準のプロフィール・デザインを考えると、プロフィールは $4^4=256$ 種類の違ったものを作ることができる。しかし、これだけのプロフィールを回答者に提示することは不可能である。そこで、実験計画法における直交配列表を用いた直交デザイン(orthogonal main effect design: 直交主効果デザイン)方法を用いた。

実験計画法における直交デザインによれば、 p を水準の数、 k を因子の数としたとき、実験回数 N は下記の式で示される(石村, 1992)。

$$N=k(p-1)+1 \cdots \cdots \cdots (6)$$

4属性4水準のプロフィール・デザインにおいては、(6)式より13個のプロフィールを用意すればよいことになる。この13個のプロフィールから4個のプロフィールを選び、回答者に提示して、最も望ましいと思われるカードを選択させる。1人の回答者に対してはプロフィールの内容を組み替えて連続して5回提示する。なお、プロフィールの組み合わせについては、提示されるプロフィールの効用のバランスや各レベルの出現回数を均等化することに配慮した。本調査で用いたプロフィールリストの一例を表-1に示す。なお、回答者がお金を支払ってまでの環境の改善施策を望まない場合も想定されることから、プロフィール・リストには「現状のまま」とい

表-1 各属性毎の水準

属性境界条件	水 準			
	負担なし	5,000	10,000	20,000
干潟創出	0%	20%	40%	60%
藻場復元	0%	20%	40%	60%
底質改善	0%	20%	40%	60%

表-2 プロフィールリストの一例

番 号	1	2	3	4
負担額 (税金の上昇)	5,000	10,000	20,000	現状のまま
干潟の創出	失われた干潟の20%を創出	失われた干潟の20%を創出	失われた干潟の20%を創出	
藻場の回復	現状のまま	失われた藻場の60%を回復	失われた藻場の40%を回復	
底質改善 (覆砂の実施)	底質の汚染域の20%を覆砂	現状のまま	底質の汚染域の40%を覆砂	

表-3 仮想評価法の質問カードの一例

【施策あり】		【施策なし】	
負担額 (税金の上昇)	15,000	負担額 (税金の上昇)	負担なし
干潟の創出	失われた干潟の30%を創出	干潟の創出	現状のまま
藻場の回復	現状のまま	藻場の回復	現状のまま
底質改善	現状のまま	覆砂の実施	現状のまま

う施策を必ず提示した。

b) 仮想評価法

コンジョイント分析との比較のために、仮想評価法によるアンケートも同時に行った。今回のアンケートで採用した仮想評価法は、二肢選択型であり、コンジョイント分析の属性の一つである「干潟の創出」についてのみ「現状のまま」と「失われた干潟の30%創出」に対して、提示された負担額に賛成するか、しないかを質問した。なお、質問は1回のみとし、表-3に示すようなカードを提示した。

4. アンケート結果

4.2 コンジョイント分析

アンケートの実施は干潟や藻場の消滅が大きく、水質が悪化している三河湾湾奥に位置する蒲郡市と豊橋市で実施した。アンケートは聞き取りによる方法で行い、100名のサンプルを収集した。

プロフィールのカードを提示する前に、事前に説明した施策の内容が認識されているかを確認するために、干潟と藻場の役割や覆砂に対する事前の認識度を質問した。

干潟の役割の中では生物の生息場所や鳥の休憩場所としての役割が最も重要であると認識している人が約半数であった。ついで、水質の改善効果が最も重要と回答した人が多かった。藻場の役割については約4割の人が水質浄化などの環境保全機能が最も重要であると認識しており、ついで、魚類等の産卵場所としての役割が最も重要と回答した人が多かった。覆砂については事前に覆砂の役割を知っている人は全体の約2割程度であった(図-3参照)。

アンケートによるサンプル数は、回答者は100名であるが、回答者一人に対して内容を組み替えたプロフィールのカードを連続して5枚提示していることから、サンプル数は500となる。ランダム効用モデルに基づき、各属性の選択確率を算出し、属性（施策）毎の支払い意志額を求めた。その結果を表-4に示す。

コンジョイント分析による各属性（施策）の評価ウェイトは、干潟の創出を1とすると、藻場の復元は0.49、底質の改善（覆砂）は0.98で、干潟の創出に対する選考強度が最も大きく、干潟域が多様な価値をもつ空間として認識され、その創出が環境改善施策として評価されていることが明らかとなった。

また、底質改善の評価ウェイトが大きいことから、覆

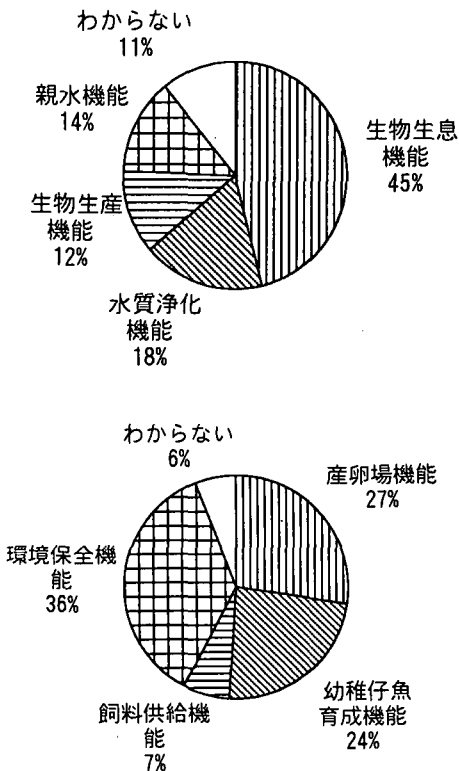


図-3 干潟および藻場の役割に対する認識度（上段：干潟，下段：藻場）

表-4 コンジョイント分析による計算結果

	係 数	比 率
負担額 β_1	-1.458	-
干 潟 β_2	0.883	1.00
藻 場 β_3	0.443	0.49
覆 砂 β_4	0.866	0.98
対数尤度	-261.494	

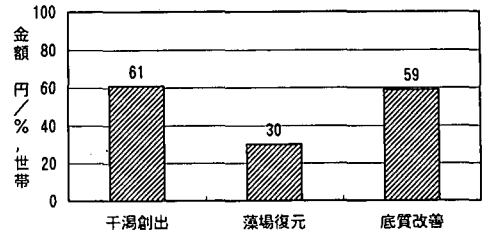


図-4 支払い意志額の推計

砂の役割を考えると、三河湾沿岸住民の三河湾に対する水質浄化の選考強度が大きいことがうかがえる。

次に、推定された係数より、限界支払い意志額を推計した。その結果、図-4に示すように、干潟の創出が61 (¥/%, 世帯)、藻場の復元が30 (¥/%, 世帯)、底質の改善（覆砂）が59 (¥/%, 世帯)であった。ただし、ここでは干潟・藻場については消失面積に対する1%当たりの創出比率に、同様に底質改善は汚染範囲に対する1%当たりの底質改善実施比率に、それぞれ単純に割り戻した限界支払い意志額であり、(5)式により算定した。

ここで、環境改善施策をそれぞれ30%の回復または改善とした場合、三河湾周辺に住む世帯を対象としてそれぞれの支払い意志額を算出すると、干潟の回復が約10億円/年、藻場の回復が約5億円/年、底質の改善が約10億円/年となった。

4.3 仮想評価法

ランダム効用理論により仮想評価法による支払い意志額を算定した。その結果、パラメータは表-5に示す計算結果となった。仮想評価法による干潟の創出に対する限界支払い意志額は181 (¥/%, 世帯)となり、コンジョイント分析の結果に比べ、限界支払い意志額が大きくなった。

表-5 仮想評価法による計算結果

パラメータ	推定値	t 値
定数項	16.82	4.05
Log (負担額)	-1.96	-4.25
対数尤度	-48.81	-

5. ま と め

本研究では閉鎖性湾における環境改善施策に対する住民の意向を把握するために、コンジョイント分析ならびにCVMを用いて検討を行った。伊勢湾奥側に住む人に対して実施したパイロットテストの結果では、評価ウェイトは干潟の創出を1とすると、藻場の復元が0.71、底質の改善が0.18で、今回の結果と比べて底質の改善に対

する評価ウェイトが低く、三河湾沿岸に住む住民の水質改善に対する選考強度が大きいことがわかる。このことから、コンジョイント分析により、施策を実施しようとする周辺住民が望む改善施策に対する優先順位を決定することが可能であり、また、代替案を検討することも可能であり、沿岸域の環境評価の有力な方法であるといえる。しかし沿岸域環境は利用価値としての側面と、同時に非利用価値の面もある。本研究では、経済学的な尺度から、地域住民が沿岸域に対してどのような価値評価を抱いているかを推定した。今後は生態工学的な方法からもその価値を推定し、総合的な視野で環境評価を行う必要がある。

参 考 文 献

石村貞夫 (1992): 分散分析のはなし, 東京図書, pp. 331-337.

運輸省港湾局 (1998a): 港湾構造物と海藻藻類の共生マニュアル, (財)港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所, pp. 7-12.

運輸省港湾局 (1998b): 港湾における干潟との共生マニュアル, (財)港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所, pp. 8-13.

栗山浩一 (1997): 公共事業と環境の価値, 築地書館, pp. 6-8.

栗山浩一 (1999): 環境評価の現状と課題, 竹内遼司・栗山浩一・鷗田豊明編, 環境評価ワークショップ, 築地書館, p. 35.

竹内遼司・栗山浩一・鷗田豊明 (1999): 油流出の沿岸生態系への影響, 竹内遼司・栗山浩一・鷗田豊明編, 環境評価ワークショップ, 築地書館, pp. 91-104.

鷗田豊明 (1999): 環境評価入門, 勁草書房, pp. 150-151, pp. 158-162.

McFadden, D. (1974): Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. in P. Zarembka (ed.), *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, pp. 105-142.