

海岸景観評価に関する研究

—CG と感性工学による景観の経済評価—

松原雄平*・青木俊介**・熊谷健蔵***

本研究では感性工学と経済学的評価手法さらに CG を用いて、利用者の海岸景観に対する評価構造、心理的尺度と経済的評価との関係について検討した。主な結果として CG と写真を用いた景観評価においては両者に有意な差がみられず、CG 画像で景観評価が可能であることが確認された。さらに、コンジョイント分析を用いた経済評価の結果、海岸景観を構成する属性の評価ウェイトは護岸整備を 1.0 とすると、前浜の造成は 2.45、緑地造成は 1.81 となり、前浜の造成の評価が最も高かった。また、主成分因子得点と支払い意思額の間には明確な線形関係が認められ、景観評価が経済的評価にもなりうるということが分かった。

1. はじめに

平成 11 年に改正された海岸法においては防護、環境、利用の三項目の整備充実が謳われ、従来の海岸整備に加えて、美しい海岸景観の創造や住民参加の必要性が提言されている。それらの検討手法として、感性工学を用いた海岸の景観評価についての研究が進められ、感性工学の手法が、住民感性に合致した評価・設計に有益な支援システムとなりうることを示されている(熊谷ら, 2001)。

また、一方では海岸整備事業に対しては事業の投資効果を計測するために費用対効果分析が行われている。海岸環境整備事業に対しては、仮想評価法(CVM)を用いた計測が行われることが多い。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り、住民が海岸を構成するさまざまな要素に対してどのように評価しているかを計測することは困難である。

そのような中で、熊谷ら(2002)は感性工学と仮想評価法を用いて現地写真によるアンケート調査を行い、調和性の高い海岸整備に対しては事業に対する支払い意思額が高く、より積極的な整備が望まれることを明らかにしている。また、これまで曖昧にされてきた受益者が感じる消費者余剰と海岸景観の構成要素との因果関係について数量化理論 I 類を用いて示している。しかし、海岸を構成する要素の経済的評価ウェイトを算定するまでには至っていないため、要素別の経済的価値は定量化できていない。

このような背景をふまえ、本研究では利用者の海岸景観に対する評価構造を明らかにするとともに、海岸景観を構成する各要素間の評価ウェイトの算定が可能なコンジョイント分析を用いて海岸景観の経済的評価を行い、感性工学によって計測される心理的尺度と経済的評価の関係について検討を行った。なお、評価に用いた景観映

像はコンピュータ・グラフィックス(CG)により作成し、CG 画像の適用性を検証するとともに、CG を用いた評価手法の確立を目指した。

2. 感性工学を用いた海岸景観評価

感性工学とは長町(1989)によれば、顧客の品質に対するイメージを具体的な設計手法に結びつけるテクノロジーとされ、既に電化製品や自動車などのさまざまな分野で用いられている手法である。評価にあたっては、計量心理学的評価手法として Semantic Differential (SD 法)が最も一般的に用いられており、景観映像を提示し、相反する意味をもつ形容詞を 5 段階程度に分割した指標で回答させる方法で、得られたアンケートデータは主成分分析や数量化理論など多変量解析の手法で分析される。ここで、SD 指標については、被験者が 5 段階の最高点を回答したときに 1.0、最低点の場合に 0 となるように式(1)を用いて重みづけ評価を行う。

$$P = 25 \times (4N_5 + 3N_4 + 2N_3 + N_2 + 0N_1) / \sum N_i \cdots (1)$$

感性工学を用いた評価において重要視されるのは評価の対象となる景観映像の構成要素のほか、評価指標として用いる形容詞対である。これまでに感性工学を用いて海岸の景観評価を行ってきた研究事例の多くは現地の写真を用いたものであり(例えば、永瀬, 1999)、今回これらを再整理し、自然海岸や人工的に整備された海岸の写真(A4 サイズ)などから 108 枚を抽出し、形容詞を 23 対選定して再評価を行った。再評価を行った目的は、今後の検討において用いる形容詞対の妥当性を確認するとともに、CG によって景観映像を作成する場合に必要なとされる構成要素を明らかにするためである。

表-1 に主成分分析結果を示す。主成分分析において主成分因子は 4 つ抽出されており、それぞれ、第 1 因子は「調和性」、第 2 因子は「都会性」、第 3 因子は「空間性」、第 4 因子は「力動感」である。第 1 主成分には「快適な」、「雰囲気の良い」、「安らぎを感じる」といった海岸に対して居心地の良い雰囲気を感ぜさせる形容詞が含まれている。

* 正会員 工 博 鳥取大学教授 工学部土木工学科

** 修(工) ㈱シーテック 技術コンサルタント部

*** 正会員 博(工) パシフィックコンサルタンツ㈱ 水工技術部

また、数量化理論Ⅰ類による評価結果を表-2に示す。アイテム、カテゴリーの数をそれぞれ7個、25個とした。レンジの値をみると最も大きいのは離岸堤で、次いで護岸の種類、緑地、前浜の順となっており、離岸堤の設置が景観の評価に与える影響が大きいことが伺える。

3. CGを用いた海岸景観評価

(1) CGの作成

前章において現地の海岸写真を用いた感性工学による

評価結果を示した。現地写真を用いた評価では写真の背景(空の明度、雲量や陸地の緑地など)が少なからず心理的に影響することが指摘されていることから(永瀬, 1999)、3D・CGを利用して同一の背景の中で景観構成因子のみを変化させたCGフォトモンタージュを作成した。なお、本研究で用いた3D・CG作成ソフトは米国のNewTek社によって開発されたLight Wave 3Dである。

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、コンジョイント分析では属性の水準の組合せや提示するプロファイルの数が非常に重要である。本研究では、評価する海岸景観の属性としては、前章の写真を用いた景観評価の結果を参考に、護岸(海岸線)の形状、前浜の面積、緑地の面積とし、それに整備に対する負担額を加えた4つの属性を設定した。また、4つの属性の水準をそれぞれ4段階に設定した。設定した各属性の水準を表-3に示す。

各属性における水準はそれぞれ独立したものであり、護岸の形状は護岸なし、直線護岸、曲率を変えた2つの形状の計4水準を設定した。また、前浜は造成する天端幅で水準を設定し、緑地については緑地なしの他に、緑地の造成密度を1とした水準を基準に造成密度2、造成密度4の計4水準を設定した。また、負担額の水準の決定方法として、既存の鳥取県における建設費用などを参考にし、建設費と人口の比率から妥当と考えられる金額を設定した。

次に、4属性4水準のプロファイル・デザインを考えるとき、プロファイルは $4^4=256$ 種類の違ったものを作ることができる。しかし、これだけのプロファイ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)。

$$N = k(p-1) + 1 \dots\dots\dots (2)$$

4属性4水準のプロファイル・デザインにおいては、(2)式より13個のプロファイルを用意すればよいこと

表-1 感性形容詞と主成分分析結果

感性形容詞	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	因子名
快適な	0.278	0.048	0.042	-0.015	調和性
雰囲気の良い	0.278	-0.003	-0.032	0.032	
安らぎを感じる	0.274	-0.089	-0.053	-0.035	
好き	0.267	-0.070	-0.018	0.157	
優しい	0.267	-0.043	-0.058	-0.179	
上品な	0.266	0.108	0.101	-0.053	
楽しめる	0.260	0.029	-0.153	0.137	
暖かい	0.245	-0.034	-0.231	-0.103	
落ち着いた	0.243	-0.129	0.156	-0.215	
広々とした	0.230	-0.085	0.179	0.217	
親水性のある	0.226	-0.162	0.002	-0.111	都会性
明るい	0.222	0.156	-0.059	0.019	
都会的な	0.039	0.425	0.110	-0.097	
工夫された	0.113	0.398	-0.039	0.000	
懐かしい	0.123	-0.380	-0.058	-0.022	
斬新な	0.124	0.378	-0.106	0.197	
自然な	0.117	-0.368	-0.132	0.257	
カラフルな	0.168	0.271	-0.254	0.073	
シンプルな	0.106	-0.138	0.582	-0.184	
直線的な	-0.149	0.134	0.413	-0.050	空間性
すっきりした	0.171	0.129	0.396	0.235	
バランスのとれた	0.236	0.037	0.238	0.123	
力強い	-0.105	-0.068	0.104	0.759	
固有感	11.611	4.567	1.706	1.275	力動感
累積寄与率(%)	51.4	71.3	78.7	84.3	

表-2 アイテム・カテゴリーと感性形容詞(快適な)の関係

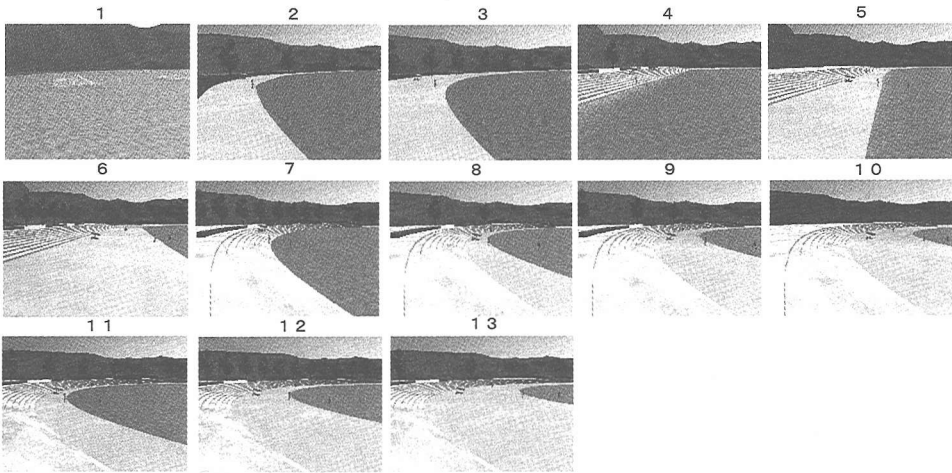
アイテム	カテゴリー	スコア	レンジ
水平線	あり	0.000	6.47
	なし	6.469	
海岸線形状	直線的	0.000	5.05
	曲線的	5.050	
護岸種類	階段護岸	0.000	14.80
	傾斜(緩)	-2.894	
	傾斜(急)	-12.191	
	直立	0.499	
	突堤	-14.298	
離岸堤	消波ブロック	0.000	18.01
	なし	18.005	
護岸材質	構造物	0.000	1.75
	ブロック	-1.457	
	岩	-1.750	
前浜	広い砂浜	0.000	6.75
	広い石浜	4.985	
	狭い砂浜	-1.388	
	狭い石浜	-1.769	
緑の割合	多い	0.000	6.93
	少ない	1.610	
	緑なし	-5.323	

表-3 各属性の水準

属性	水 準			
負担額	負担なし	500 円	1,000 円	2,000 円
護岸の形状	なし	直線	曲線 1	曲線 2
前浜の造成	なし	5 m	10 m	20 m
緑地の造成	なし	造成密度 1	造成密度 2	造成密度 4

表—4 CG により作成した海岸景観の各属性の水準

属 性	水 準	景観映像信号												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
護岸の形状	なし													
	直線													
	曲線 1													
	曲線 2													
前浜の造成	なし													
	5 m													
	10 m													
	20 m													
緑地の造成	造成密度 1													
	造成密度 2													
	造成密度 4													



図—1 CG により作成した海岸景観の画像

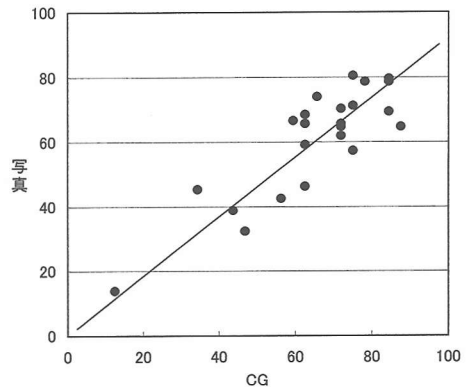
になる。したがって、CG によって作成する景観映像は 13 パターンとした。海岸景観の各属性の水準の設定を表—4 に示す。ここで、景観映像番号 1 は護岸や前浜、緑地の整備を行わない景観映像である。なお、各海岸景観の映像はこの 4 水準を元に、3D・CG の景観映像をまず 2 次元で作成し、それを三次元化したのち、最終的に視点場を統一して作成した。CG により作成した画像を図—1 に示す。

(2) CG 画像による評価の有意性

CG により作成した景観映像を用いて感性工学および経済的評価を行う前に、CG 画像による評価が従来の写真を用いた評価とどの程度差があるかを確認した。図—2 に CG 画像と写真との SD 指標の相関関係を示した。CG 画像は現地で撮影した海岸景観を再現し、23 対の形容詞を用いてアンケート調査を行い、SD 指標の相関関係を調べた。図—2 に示すように CG 画像と写真との SD 指標には明確な線形関係が認められ、今回作成した CG 画像によって十分に景観評価が可能であることがわかった。

(3) CG 画像による景観評価

CG 画像ならびに 23 個の形容詞対を用い感性工学による景観評価を行った。表—5 に主成分分析結果を示す。主成分分析において主成分は 3 つ抽出されており、それぞれ、第 1 因子は「調和性」、第 2 因子は「都会性」、第



図—2 CG 画像と写真の SD 指標相関関係

3因子は「空間性」である。また、表一6に数量化理論I類による評価結果を示したが、護岸形状の曲率が大きく、前浜および緑地が広い場合に景観の評価が高くなることがわかる。また、レンジの値をみると前浜の幅が海岸の景観評価に与える寄与率が高いことが伺える。

4. 海岸景観の経済的評価

(1) コンジョイント分析

経済的評価ではプロファイル・デザインに回答者に多く提示することができる選択型・ランキング型を用いた。以下に計測方法を示す(鷺田, 1999)。

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

表一5 感性形容詞と主成分分析結果

感性形容詞	主成分1	主成分2	主成分3	因子名
快適な	0.267	-0.006	0.076	調和性
暖かい	0.265	-0.042	0.149	
楽しめる	0.264	0.039	0.120	
安らぎを感じる	0.262	-0.081	-0.093	
優しい	0.259	-0.040	0.188	
明るい	0.254	0.102	0.026	
バランスのよい	0.252	-0.006	-0.110	
雰囲気の良い	0.250	-0.093	-0.198	
上品な	0.249	0.131	0.045	
落ち着いた	0.241	-0.169	0.088	
親水性のある	0.238	0.018	0.173	都会性
好ましい	0.236	-0.158	-0.134	
都会的な	-0.024	0.378	0.066	
自然な	0.051	-0.369	-0.162	
斬新な	0.049	0.368	-0.092	
すっきりした	-0.039	-0.347	0.136	
懐かしい	0.099	-0.332	-0.239	
シンプルな	-0.129	-0.326	-0.019	
工夫された	0.212	0.239	-0.030	
直線的な	-0.171	0.015	0.647	空間性
広々とした	0.168	-0.175	0.313	
力強い	-0.240	0.016	-0.303	
カラフルな	0.192	0.241	-0.282	
固有値	13.433	6.690	1.015	
累積寄与率(%)	58.4	87.5	91.9	

表一6 アイテム・カテゴリーと感性形容詞(快適な)の関係

アイテム	カテゴリー	スコア	レンジ
護岸の形状	なし	0.000	9.04
	直線	-8.042	
	曲線1	-1.547	
	曲線2	0.996	
前浜の造成	なし	0.000	31.18
	5 m	15.716	
	10 m	31.176	
	20 m	27.680	
緑地の造成	なし	0.000	10.27
	造成密度1	10.215	
	造成密度2	8.605	
	造成密度4	10.274	

効用関数は次のようにあらわされる。

$$U_i = V_i(Q_{1i}, Q_{2i}, \dots, Q_{ni}) + \varepsilon_i \dots \dots \dots (3)$$

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。

$$P_{i \cdot c} = P[V_i(Q_{1i}, Q_{2i}, \dots, Q_{ni}) + \varepsilon_i \geq V_j(Q_{1j}, Q_{2j}, \dots, Q_{nj}) + \varepsilon_j, i, j \in C] \dots \dots (4)$$

ここで、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

$$P_i = e^{u_i} / \sum e^{u_j} \dots \dots \dots (5)$$

と表すことができることを示した。ここで、対数尤度関数は次式で示される。

$$\ln L = \sum \{d_j \ln(e^{u_j} / \sum(e^{u_1} + e^{u_2} + \dots + e^{u_j}))\} \dots \dots (6)$$

d_j 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、この推定係数 β_j から各属性 1 単位の貨幣評価価値を次式によって算定することができる。

$$WTP_j = \beta_j / \beta_1 \dots \dots \dots (7)$$

(2) プロファイル・デザイン

コンジョイント分析による経済的評価においては、13 個のプロファイルから 4 個のプロファイルを選び、回答者に提示して、もっと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ァイルの内容を組み替えて連続して 10 回提示する。なお、回答者がお金を支払ってまでの景観の改善施策を望まない場合も想定されることから、プロファイル・リストには海岸整備を実施しない「現状のまま」という景観映像を必ず提示した。アンケートは聞き取り形式で 50 名からサンプルを収集し、得られたデータは 500 個となった。

(3) コンジョイント分析の結果

アンケート結果から、各属性の選択確率を算出し、支払意志額を求めるのに必要となる属性ごとの係数を求めた。なお、コンジョイント分析を行うには属性をパーセント提示する必要があるため、護岸については曲率によるパーセント表示とし、曲線 2 を 1.0 とした場合に曲線 1 を 0.5、直線を 0.1、護岸なしを 0 と設定した。また、前浜については、前浜なしを 0、5 m を 0.2、10 m を 0.4、20 m を 0.8 と設定し、緑地なしを 0 とし、順に 0.2、0.4、0.8 と設定した。各属性の水準を整備率に変換した値を用いて計算した結果を表一7に示す。各属性の評価ウェイトは、護岸の形状を 1 とすると、前浜の造成は 2.45、緑地造成は 1.81 で、前浜造成に対する選好強度が最も高く、前浜の造成が海岸域における景観の整備事業として最も評価されていることが明らかとなった。また、推定された係数より支払い意志額を推計した。その結果

表一7 コンジョイント分析による計算結果

属 性	係 数	比 率
負担額	β_1	-27.94
護岸の整備	β_2	1.491
前浜の造成	β_3	3.649
緑地造成	β_4	2.692
対数尤度		-256.262

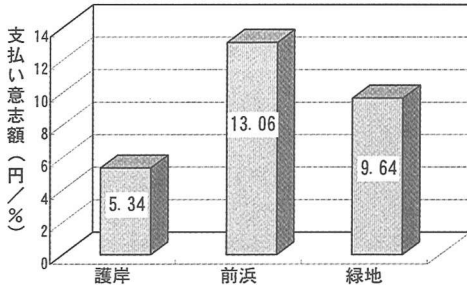


図-3 各属性毎の支払い意志額の推計

を図-3に示す。支払い意志額を整備率1%当たりでみると、護岸の形状に対しては5.34 (円/%)、前浜の造成に対しては13.06 (円/%)、緑地の造成密度に対しては9.64 (円/%)となった。次に、整備率1%毎の支払い意志額を用いて景観映像毎の支払い意志額を算定し、感性工学の分析から得られた第1主成分の得点との相関関係を調べた。その結果を図-4に示す。主成分得点と支払い意志額の間には明確な線形関係が認められることが分かる。したがって、景観評価が経済的評価にもなりうることから、本評価手法の有用性が認められた。

5. ま と め

本研究で得られた主な結論は以下のとおりである。

- ① 現地の写真を用いた感性工学の分析から、海岸景観の支配因子として、「安らぎを感じる」などの形容詞に関係する調和性因子、「都会的な」などの都会性因子、「直線的な」などの空間性因子と「力強い」などの力動感因子に分けられることがわかった。
- ② CGによるフォトモンタージュと実際の写真に対する

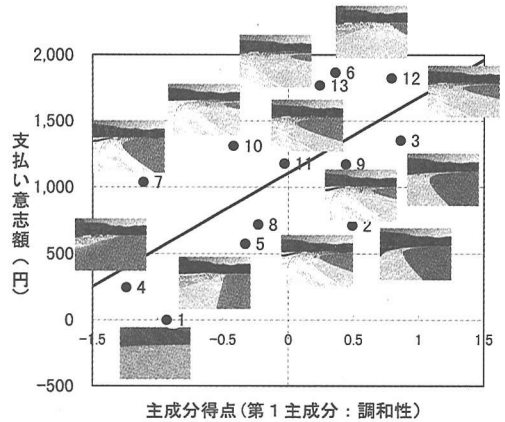


図-4 主成分得点と支払い意志額の相関関係

景観評価の結果から、CG画像で十分に景観評価が可能であることがわかった。

- ③ コンジョイント分析による各属性の評価ウェイトは、護岸の形状を1とすると、前浜の造成は2.45、緑地造成は1.81で、前浜の造成が海岸の整備事業として最も評価されていることが明らかとなった。
- ④ 主成分得点と支払い意志額の相関をとったところ、両者には明確な線形関係が認められ、景観評価が経済的評価にもなりうることから、本評価手法の有用性が認められた。

参 考 文 献

- 石村貞夫 (1992): 分散分析のはなし, 東京図書, pp. 331-337.
- 熊谷健蔵・松原雄平 (2001): 感性工学的手法による海岸景観評価に関する研究, 海工論文集, 第48巻, pp. 1326-1330.
- 熊谷健蔵・松原雄平 (2002): 感性工学的手法を用いた海岸事業の便益推計に関する研究, 海工論文集, 第49巻, pp. 1326-1330.
- 永瀬恭一 (1999): 感性工学を適用した海岸域の景観評価手法の開発に関する, 鳥取大学大学院学位論文, pp. 37-82.
- 長町三生 (1989): 感性工学, 海文堂, pp. 1-20.
- 鷲田豊明 (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.