

海岸保全施設の設計への感性工学手法の適用に関する研究

松原雄平*・大 櫃 剛**・安 達 誠***・南本浩一****

一般の海岸風景写真を対象に, 皆生海岸の地域住民を被験者に SD アンケートを行い, 因子分析から海岸に抱く感性を定量的に分析・評価した。次に整備する施設を“突堤”と仮定し, 設計する立場からデザイン要素を定めて CG を作成し, 鳥取大学の学生を被験者に SD アンケートを行った。更に, “数量化理論 1 類”を用いて感性とデザイン要素を関係づけ, 被験者が突堤に求めるデザイン要素を特定した。また, これらのデザイン要素を試設計において反映した。以上のプロセスから, 地域住民が求める感性を感性工学の手法を用いて定量的に分析・評価し, 海岸保全施設の計画・設計に反映することができることが解った。

1. はじめに

海岸保全施設整備事業は, 防災を主たる目的として従来より整備が進められてきており, 景観や利用に代表される環境面について, 地域の意見が十分に反映されるものではなかった。しかし, 平成 11 年の海岸法の改正により, 環境の保全と適切な利用についても新たに目的となり, また, 計画立案にあたっては地域の意見を反映させることを要することとなった。皆生海岸においても離岸堤等の整備が図られてきたところであり, 防災上の機能を発揮しているが, 環境面からは賛否両論があることも事実である。

一方, 土木構造物の形状決定等に景観面や利用面を配慮する場合, その設計手法について一般化されたものはない。従って事業者等の判断に負うところが大きいといえる。この様な状況から, 感覚的で曖昧な表現で示される景観を定量的に評価し, 的確に設計に取り入れる必要があり, その手法を確立することが重要となっている。

こうした問題に関して, 保田ら (2000) は, 道路橋の景観評価に, また永瀬ら (1998) は河川ならびに海岸護岸の景観評価に, 「感性工学」を導入し, いずれも, 同手法の定量的評価の有用性を示している。そこで本研究は, 防災上の機能を確保した上で, 環境面についても配慮された海岸保全施設のあり方について, 感性工学の観点から分析するとともに, 地域住民の感性を計画・設計に反映させる方法ならびに, その可否について検討したものである。ここで『感性工学』手法とは, “安らぎ”とか“快適な”といった人々の感性を分析かつ解釈し, 最終的に感性を数値化して具体的な設計要素や技術レベルに翻訳する手法であり, 自動車や家電製品, 化粧品等の商品開発分野で顧客のニーズを反映させるための手法として近年脚光を浴びている手法である。(長町; 1995)

2. 地域住民が海岸風景に抱く感性

(1) SD 法によるアンケート調査

人間の感性に代表されるような, 曖昧性や状況依存性の強い心理量を客観的, 定量的に評価する際は, しばしば SD 手法 (Semantic Differential 手法) が用いられる (永瀬ら; 1998)。SD 手法とは, イメージ形容詞を「美しい—美しくない」のような対語を両極とし, その間を 3 段階から 11 段階の奇数段階の SD 尺度に分けて評価する方法である。本研究でも SD 手法を用いて評価するものとし, 参考文献等の資料から 27 対のイメージ形容詞を選び, 5 段階の尺度を用いた。図-1 に, 使用したアンケート調査票を示す。

被験者は, 調査の趣旨と必要性を理解して頂くために開設したワーキンググループ参加者とその家族及び, 一般市民の 51 名とした。その内訳は男性 27 人, 女性 24 人であり, 男女比はほぼ半々であった。

アンケート調査に使用する写真は全国の海岸景観写真から抽出された, 突堤, 離岸堤, 緩傾斜階段式護岸などの構造物を含む海岸風景及び, 構造物のない自然海岸風景の 36 枚である。

(2) 因子分析

因子分析とは, 多変量解析の一種で, 統計的な現象の背景にある種々雑多な要因を, 少数の特定の共通因子に絞り込み, その共通因子で感性の影響度を説明しようとする方法である。

表-1 に, SD 法によるアンケート結果を因子分析して得られた因子負荷量を示す。被験者全体の平均得点を用いて分析したところ, 4 つの因子が抽出された。表下段の寄与率とは, その因子の影響力を示すパーセンテージであり, この値が大きいほど, 感性に強く影響する海岸景観の因子ということになる。そして, 累積寄与率とは, 寄与率の和であり 80%以上あれば分析結果が信頼できるとされており, 本解析結果においては累積寄与率が 90%を越えており, 信頼できる結果といえる。次に, 抽出された各因子から受ける印象により, 因子軸の命名を

* 正会員 工博 鳥取大学教授 工学部土木工学科
** 国土交通省中国地方整備局日野川工事事務所
*** 正会員 復建調査設計協総合計画部
**** 復建調査設計協河川海洋部

写真No.

海岸施設の景観に関する感性アンケート調査票

1	暖かい	☐	冷たい
2	明るい	☐	暗い
3	快適な	☐	不快な
4	雰囲気のよい	☐	雰囲気の悪い
5	都会的な	☐	田舎の
6	斬新な	☐	斬新でない
7	すっきりした	☐	ごみごみした
8	懐かしい	☐	懐かしくない
9	女性的な	☐	男性的な
10	楽しめる	☐	楽しめない
11	力強い	☐	力強くない
12	カラフルな	☐	カラフルでない
13	直線的な	☐	曲線的な
14	優しい	☐	優しくない
15	シンプルな	☐	複雑な
16	工夫された	☐	工夫されていない
17	バランスのとれた	☐	バランスのとれない
18	潤いのある	☐	潤いがない
19	安らぎを感じる	☐	安らぎを感じない
20	自然な	☐	自然でない
21	上品な	☐	上品でない
22	目立つ	☐	目立たない
23	周囲に溶け込んだ	☐	周囲に溶け込んでない
24	落ち着いた	☐	落ち着いていない
25	広々とした	☐	広々していない
26	親水性のある	☐	親水性のない
27	好き	☐	嫌い

図-1 アンケート調査票

行う。具体的には、第1因子には、寄与率の順に「安らぎを感じる」、「潤いのある」、「優しい」、「楽しめる」、「周囲に溶け込んだ」などの形容詞が含まれているため“地域調和性”の因子と命名した。同様に第2因子は“独自性”、第3因子は“簡索性”、第4因子は“力強さ”の軸と命名した。この分析結果より、皆生海岸周辺の住民は、海岸景観に対して、これら4つの要素を求めているが、中でも“地域調和性”が支配的因子であることがわかる。その中でも因子負荷量が最も大きい感性形容詞が“安らぎを感じる”であることは興味深い。

3. 突堤の景観に対する感性

(1) デザイン要素の抽出

海岸保全施設の景観評価の結果を元にして、対象施設を“突堤”に限定し、SD手法による感性アンケートを実施した。アンケートに使用した景観は、後述のように背景ならびに形状の特性を自由に設定可能なCGによるフォトモンタージュである。CGを作成するにあたり、突堤のもつ情報をアイテム/カテゴリー表に分類、整理した。ここでいうアイテムとは、突堤のもつ構造、形状、色彩などの利用性や景観に関する包括的要素である。またカテゴリーは各アイテムをデザイン要素に分類したもので、「構造形式」のアイテムに対しては“消波ブロック式”、“鋼矢板式”などのデザイン要素を表す。デザイン要素(カテゴリー)を細分化することは、構造体の設計に反映できる要素は多くなると考えられる。しかし、被

表-1 因子分析結果

		因子			
		第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
地域調和性	安らぎを感じる	0.96408	0.11417	0.14969	0.11318
	潤いのある	0.96186	0.16907	0.15302	0.07380
	好き	0.92491	0.16643	0.28523	0.15547
	優しい	0.91912	0.25878	0.13462	0.18454
	楽しめる	0.89758	0.32827	0.15510	0.17272
	落ち着いた	0.89739	-0.01330	0.36540	0.08676
	周囲に溶け込んだ	0.89647	-0.18061	0.24161	0.05251
	親水性のある	0.89383	-0.07556	0.30023	0.14969
	自然な	0.87246	-0.42611	0.12668	0.05313
	懐かしい	0.86444	-0.44106	0.09095	0.03656
	暖かい	0.85677	0.36119	0.09207	0.20710
	女性的な	0.83685	0.38619	0.00087	0.27137
	快適な	0.80576	0.42805	0.31511	0.17062
	雰囲気の良い	0.79781	0.40286	0.33568	0.19501
	広々とした	0.73460	0.14788	0.51410	-0.04517
独自性	直線的な	-0.72413	-0.09941	0.41475	-0.10517
	上品な	0.71301	0.52310	0.33391	0.22531
	バランスのとれた	0.68969	0.40041	0.47055	0.08336
	明るい	0.67029	0.57374	0.25105	0.12878
	斬新な	0.07126	0.98426	0.04138	-0.03213
簡索性	都会的な	-0.14420	0.93903	0.07532	-0.02105
	工夫された	0.08466	0.92206	0.16273	0.12606
	目立つ	0.04279	0.90737	-0.14653	-0.12719
	カラフルな	0.42529	0.82270	-0.05468	0.10526
	シンプルな	0.34573	-0.15092	0.83442	-0.04302
力強さ	すっきりした	0.41370	0.51653	0.68861	0.06892
	力強い	-0.44302	0.04207	0.03396	-0.87158
固有値		14.1970	6.5709	2.7583	1.2251
寄与率(%)		52.5814	24.3368	10.2160	4.5374
累積寄与率(%)		52.5814	79.9182	87.1343	91.6717

因子抽出法：主因子法 回転法：Kaiserの正規化を伴うバリマックス法

表-2 突堤のアイテム/カテゴリー

	アイテム	カテゴリー
施設規模	平面形	直線的
		曲線的
		ヘッドランド大
		ヘッドランド小
	施設長	長い
		短い
断面情報	構造	傾斜堤（台形）
		傾斜堤（丸形）
		直立堤
		消波ブロック
		階段（親水構造）
	高さ	一定
		変化有り（沖側低天端）
	幅	広い
		狭い
	調和	自然調和（自然石・石張り等）
		自然調和なし
色採（カラーブロック等）		

験者に強いるアンケートの回答時間は長くなり、労力は大きくなる。そこで本研究ではデザイン要素を20項目以

内に限定した。

(2) SD 法によるアンケート調査

感性アンケートを実施する場合、施設のイメージを忠実に表現できる“写真”が適していると考えられる。しかし、工事実績を見ると突堤形状のバリエーションは少なく、消波ブロック積みなど非常に偏ったものであると言える。また写真では浜幅、緑地や空の明るさなど背景条件の違いが生じ安く、そのことが分析結果に与える影響は大きいと考えられる。よって、背景情報を統一したCGを用いてアンケートを行った。構造物の形式は抽出したデザイン要素が網羅されるよう決定し、奇抜なアイデアを含めることで、類似構造が発生しない様に配慮した。アンケート対象となる突堤のCGの種類は、デザイン要素数と同じく17種類の突堤形状を選定した。図-2は、作成したCGの一例である。アンケートでの感性形容詞は、地域住民が海岸風景に抱く感性を調査した際に用いたものと同じである。1種類の突堤に対して、A4サイズのCG画像2画面を提示しアンケートを行った。被験者は鳥取大学の学生23人を対象とし、性別では男性が39%、女性が61%であり女性がやや多かった。

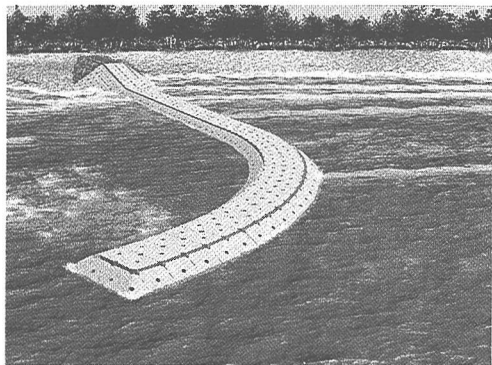


図-2 アンケートに用いたCGの一例

(3) 数量化理論Ⅰ類による感性とデザイン要素の結合

アイテム/カテゴリー（デザイン要素）が、各イメージ形容詞（感性）に対してどのような影響を及ぼすかを数量化理論Ⅰ類を用いて分析した。本研究では、SDアンケートの平均得点を目的変数とし、アイテム/カテゴリーの値を説明変数として解析した。

以下では、皆生海岸周辺の住民が海岸景観に求めている感性「安らぎを感じる」と景観アイテム・カテゴリーとの関係について考察する。表-3は、「安らぎを感じる」について解析した結果を示したものである。数量化理論の結果より重相関係数が0.852となり、選択した説明変数で相関を十分説明できることを示している。各アイテムと「安らぎを感じる」というイメージ形容詞との相関を表す偏相関係数に注目すると、「平面形」と「構造」のアイテムが特に有意な関係をしめしていることがわかる。表中のスコアは、各カテゴリーが「安らぎを感じる」という印象を与えるかどうかを示しているもので、数値が高いほど安らぎのある印象を与え、負の値は逆に安らぎがないことを示している。これより、曲線的な平面形が安らぎのある印象を与えるのに重要な要素であること、また構造形式で消波ブロック構造は、やすらぎのない印象を与えることを示している。レンジは、各アイテムのスコアの最大値と最小値の差で、レンジが大きいとイメージ形容詞に対するカテゴリーの影響がよりはっきりと表現されていることになる。表-3の結果をまとめると、被験者が安らぎを感じる突堤とは、以下の要素を含む構造と考えられる。

- ・曲線的な平面形
- ・ヘッドランド
- ・施設長が短い
- ・天端高さに変化がある
- ・幅が広い
- ・自然調和（自然石など）

また、消波ブロックは強い抵抗感があることが解る。

4. 解析結果の設計への反映

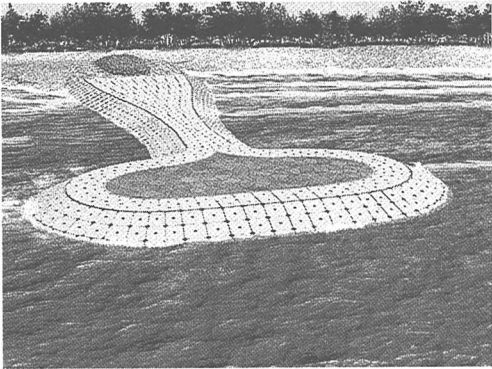
図-3は、SDアンケートにおいて、「好き」及び「安らぎを感じる」に対して最も高得点を得た突堤である。施設長が長いことを除いては、安らぎを感じる主要なデザイン要素をすべて含む突堤である。従って、この突堤のイメージ通りに設計・施工することが、アンケートの被験者がイメージする、安らぎを感じる施設を整備することにつながる。しかし、実際にこの突堤を整備するには以下の様な問題点がある。

- ・基礎となる捨石の曲面仕上げは非常に困難である。
- ・施工期間及び施工費が膨大になる。

表－3 数量化理論Ⅰ類による解析結果【安らぎを感じる】

重相関係数＝0.852

アイテム	カテゴリー	偏相関係数 (レンジ)	スコア	-1.0	-0.5	0.0	0.5	1.0
A. 平面形	①直線的	0.6323	-0.2232					
	②曲線的	(0.7021)	0.2696					
	③ヘッドランド		0.4789					
B. 施設長	①長い	0.6034	-0.2076					
	②短い	(0.5042)	0.2966					
C. 構造	①傾斜堤	0.6756	0.1322					
	②直立	(0.9362)	0.0914					
	③消波ブロック		-0.8040					
	④階段／親水構造		0.0615					
D. 高さ	①一定	0.3245	-0.0735					
	②変化あり／沖側低天端	(0.3122)	0.2387					
E. 幅	①広い	0.6206	0.3575					
	②狭い	(0.6078)	-0.2503					
F. 調和	①自然調和／自然石・石張等	0.5215	0.1784					
	②自然調和なし	(0.4025)	-0.2240					
	③色彩／カラーブロック等		-0.0278					



図－3 「好き」「安らぎがある」で1位の突堤

・天端面は異形ブロックによって覆われており、実際には天端面の利用ができない。

そこで、設置場所として皆生海岸を想定して、捕砂突堤の試設計を行う中で、被験者が安らぎを感じるデザイン要素を可能な限り反映してみた。

表－4 は、試設計において仮定した波浪条件を示したものである。試設計は“ヘッドランド”を前提とし、ヘッドランド部、堤幹部、基部の3断面について検討を行った。図－4 に、試設計を行って得られた一般平面図を示す。

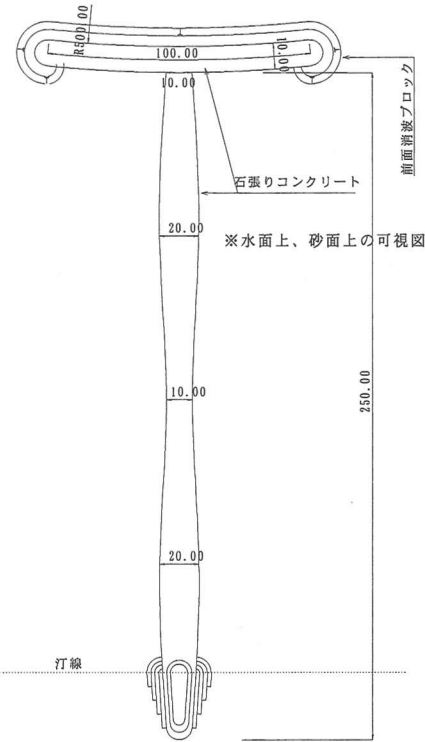
ヘッドランド部は“ケーソン＋前面消波ブロック”とし、安定計算から天端幅 $B=8.8\text{ m}$ となるところを“幅が広い”を反映させて $B=10.0\text{ m}$ とした。消波ブロックは

表－4 波浪条件（仮定）

換算沖波波高	沖波周期	沖波波長
$H_0(\text{m})$	$T_0(\text{s})$	$L_0(\text{m})$
4.5	8.6	115.3

マイナスイメージであるが、仮定条件より、極大波圧（衝撃碎波圧）等の発生を懸念し、必要と判断した。更に、“曲線的”を反映するために法線に曲率を持たせた。

堤幹部もヘッドランド部に整合してケーソン式、セルラブロック式の直立タイプとした。天端幅はヘッドランド部と同様に $B=10.0\text{ m}$ 以上とし、“曲線的”を反映するために上部コンクリートを工夫し、くびれを持った平面形状とした。



図－4 突堤の一般平面図（試設計）

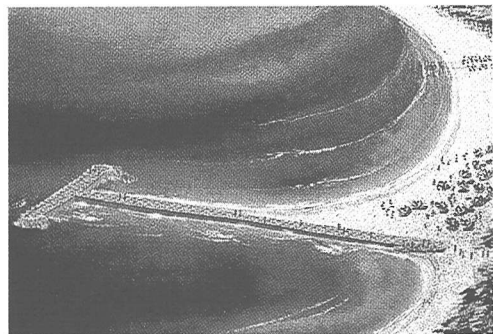


図-5 突堤のイメージパース (試設計)

基部は波浪の影響が軽微であるため捨石を用いた傾斜タイプとし、表面を場所打ちコンクリートで被覆する構造とした。“天端高さに変化がある”と“階段／親水構造”に配慮して緩傾斜階段式とする。

施設長は、底質の移動限界水深の検討から、 $L=250$ mと設定した。

図-5は、図-4の一般図を基にして上部コンクリートに“自然調和(自然石張り)”を反映し、海岸風景として表現するためにパース化したものである。

5. おわりに

本調査では、感性工学手法を海岸施設に適用することにより皆生海岸周辺の住民が海岸施設に何を求めているのかを明らかにした。以下に、本調査で得られた結果を示す。

- 1) 感性工学手法は、専門的な知識を持たない住民が対象構造物に対して抱く印象(感性)を把握するための一つの手法になりうることがわかった。
- 2) 第1回の感性アンケート結果を因子分析にかけたところ、皆生海岸周辺の人々は、海岸景観に対し①地域調和性、②独自性、③簡索性、④力強さの4つの要素を求めていることがわかった。
- 3) 地域調和性の中では、“安らぎ”を求める傾向が強いことがわかった。
- 4) 第2回の感性アンケート結果と、突堤のアイテム／

カテゴリーとの関係を数量化理論Ⅰ類により分析した。その結果、「安らぎを感じる」突堤とは以下の要素を含む構造となった。

- ・ 曲線的な平面形
- ・ ヘッドランド
- ・ 施設長が短い
- ・ 天端高さに変化がある
- ・ 幅が広い
- ・ 自然調和(自然石など)

また、消波ブロックには強い抵抗感があると解った。

- 5) 数量化理論Ⅰ類により分析した結果を基に、試設計においてそのデザイン要素を反映できることが解った。

課題としては、以下のことが考えられる。

- 1) アンケート調査を行う必要があることから、デザイン要素を制限し、被験者の労力に配慮する必要がある。
- 2) 本研究は、デザイン要素の反映と、事業費のバランスを無視して行っており、今後の課題となる。
- 3) 突堤の天端面など、親水性を配慮した場合に、安全管理面など他の問題につながる場合がある。

謝辞；本研究を進めるにあたり、アンケート調査に協力頂いたワーキンググループ参加者と家族の方々および、鳥取大学学生諸氏に感謝の意を表する。

参考文献

- 永瀬恭一・松原雄平・野田英明 (1998a): ニューラルネットワークを用いた河川景観の評価手法, 水工学論文集, 第42巻, pp. 295-300.
- 永瀬恭一・松原雄平・野田英明 (1998b): ニューラルネットワークを利用した海岸景観の評価に関する研究, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 1206-1210.
- 長町三生 (1989): 感性工学, 海文堂, 213 p.
- 長町三生 (1995): 感性工学のおはなし, 日本規格協会, 209 p.
- 保田敏一・白木 渡・安達 誠・三雲是宏・堂垣正博 (2000): 感性工学手法による桁橋の景観評価・設計に関する一考察, 土木学会論文集 No. 665, VI-49, pp. 103-116.
- 山下隆男・小野博之・中村良夫 (2000): 安定海浜工法への景観設計の導入, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 1276-1280.