

漁港形状の美観の定量的評価法に関する研究

竹 沢 三 雄*・前 野 賀 彦**・土 川 孝 雄***・滝 沢 幸 一 郎****

1. 序 論

海岸構造物の設計に際して、近年景観や親水性に対して何らかの配慮をするようになってきている。しかしながら、景観や親水性といった個人の主観に基づく因子を設計に取り入れようとする場合には、定量化された指標の欠如等の問題が存在する。一つの解決法として、コンピュータグラフィックス (CG) を用いて、施工前から施工後の景観を確認する手法が提案され、実際に適用されている (例えば、上島ら, 1990; 辻ら, 1992)。この場合についても、CG により視点を変えた画像について主観に基づく判断をすることには変わりはない。そこで、考えられる他の解決法として、主観に基づく景観 (親水性については機能を含むので、混乱を避けるため以後は景観についてのみ言及する) を、その構成要素に分解しモデル化した上で、美しさに対する心理学的尺度を用いて評価する方法がある。この手法を用いた研究としては、武田ら (1992) による Birkhoff (1933) の美度の評価式を用いた研究があるが、アンケート調査に基づく対象構造物群の美観度と算定された美度との間に明確な相関が認められない。その理由としては、構成要素のモデル化が全構成要素を対象としていないことや構造物群全体の複雑さのモデル化が成されていないことなどが考えられる。そこで、本研究では、対象とする海岸構造物群として規模が適正であることから漁港を選択し、それらについて、構成要素を抽出すると共にモデル化を行い、アンケート調査により得られた美観度と新たに提案した美度の評価式により算定された美度との相関を求めることにより、提案した景観の定量的評価法の妥当性を示した。

2. 漁港形状の美度の評価法

漁港の構成要素としては、本来漁船・網干し場・船揚場等の漁港らしさを表現する景観構成要素や自然環境の保存の割合 (逆に人工的な手を加えられた人工化率) も含まれるが、存在するかしないかという問題に帰着でき

る要素やある程度面積比などで客観的に定量化が可能な要素は主観の程度を問題とする要素に比べて定量化が容易であるので、ここでは、主観の程度が問題となる漁港の幾何学的形状に着目して、分析とモデル化を行った。

美しさの指標である美度 (M : Aesthetic Measure) を、複雑さ (C : Complexity) と秩序 (O : Order) との関係で次式のように与えた。

$$M(\text{美度}) = C(\text{複雑さ}) / O(\text{秩序}) \cdots \cdots (1)$$

ここで、複雑さ C は、要素率 (E : Element Index), 偏平率 (A : Aspect Ratio), 屈曲率 (I : Irregularity) という無次元化された指標を用いて次式のように表される。

$$C = E + A + I \cdots \cdots (2)$$

ここで、要素率は、調査対象全漁港の各構成要素数の平均で除した各漁港の構成要素数により定義される。偏平率は各漁港の全体が内接する円の直径 (長径) に対する短径の比により定義される。屈曲率は海岸地形との関連をも考慮するために導入したもので、各漁港が内接する円の直径に対する水際線の総延長の比として定義される。

また、秩序 O は、アンケート調査に基づき直線・円・楕円よりなる構成要素モデルについて求められた定量化された好感度 (評点) に、対象漁港を構成するすべての要素の水際線の総延長で除した各要素の水際線の延長距離で各要素の重みを考慮することにより次式として求められる。

$$O = \sum_{n=1}^N \{P_n \times (L_n + L_{n+1}) / \sum_{m=1}^{N+1} L_m\} \cdots \cdots (3)$$

ここで、各構成要素の評点 P_n は、直線については線分比とその夾角からなるモデルの、円については線分比 (直径比) と曲率・中心角からなるモデルの、楕円については線分比 (径の比) とアスペクト比からなるモデルの評点に対応している。 N は対象とする漁港の構成要素数、 L_m は各要素を構成する線分の長さで $\sum L_m$ により線分の総延長となる。

3. 漁港の構成要素の抽出と好感度評価

漁港の幾何形状を直線部と曲線部に分け、直線部につ

* 正会員 工博 日本大学教授 理工学部土木工学科

** 正会員 農博 日本大学助教授 短期大学部建設学科

*** 東京都庁

**** 東京都中央区役所

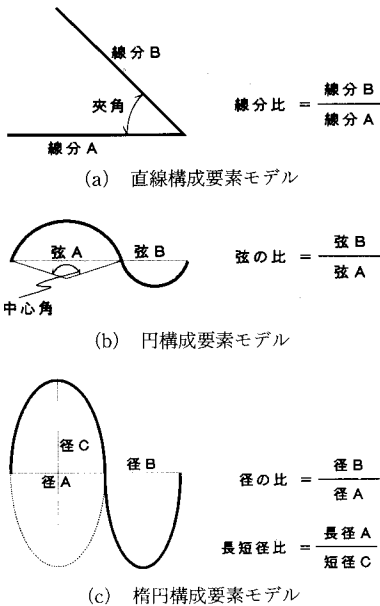


図-1 構成要素モデル

いては、図-1(a)に示すように1つの構成要素として連続した2つの線分を考え、それらの線分比とその夾角を変化させることによりモデル化した。また、曲線部については、一つの構成要素として連続した2つの曲線分を考え、曲線部を円弧により近似する場合には、図-1(b)に示すように2つの円の弦の比と中心角(曲率)を変化させることによりモデル化した。さらに、楕円により曲線部を近似する場合には、図-1(c)に示すように隣合う2つの楕円の径の比と楕円の長径と短径の比である長短径比を変化させることによりモデル化を行った。

以上示した構成要素モデルの内、直線要素については線分比を5:1~5:5、夾角を30~150°の範囲で変化させ、円要素については線分比を5:1~5:5、中心角を0.2~1.0 π の範囲で変化させ、楕円要素については線分比を5:1~5:5、アスペクト比を4:2~4:8の範囲で変化させた各々35のモデルについて、図-2に示すように縦7列横5行に配列した調査表(ここでは主な構成要素である直線要素について例示した)の各行各列から1つずつ好感もてる要素を選択させることにより構成要素の好感度(評点)を得た。なお、今回は、5で述べる漁港の好感度(美観)の調査対象者71名を対象として面接形式で調査を行った。その内訳は男性38名(54%)、女性33名(46%)で、年齢構成は10代(32.3%)、20代(40.8%)、30代(1.4%)、40代(19.7%)、50代(5.6%)であった。調査地点がお茶の水駅付近であったため学生と会社員が多く比較的若い層に集中している感がある。今後、調査対象を拡大して各構成要素の評点を経験的に確

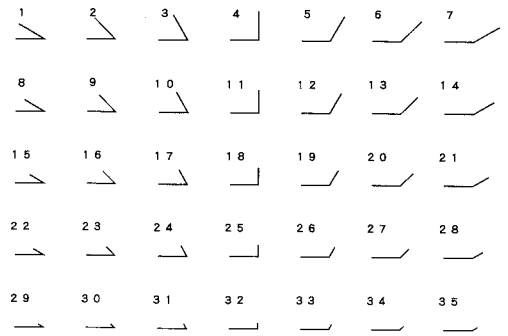
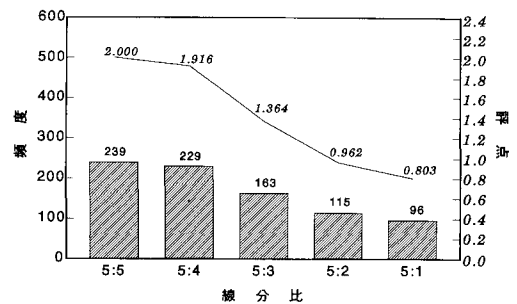


図-2 調査表(直線構成要素のパターン図)

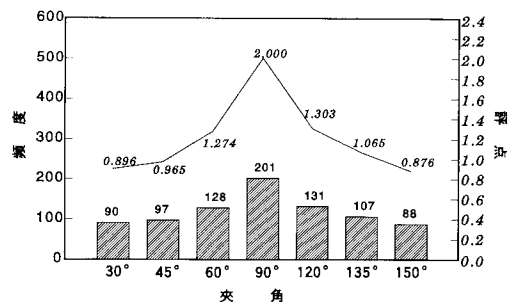
定することが望まれる。

以上述べた調査結果の内、直線要素について線分比と夾角の好感度と評点を図-3(a), (b)に示した。その結果によれば、線分比5:5が最も好感度が高く、線分比が小さくなるに従って好感度が低くなっている。夾角については90°が最も好感度が高く、鋭角・鈍角になるに従って好感度が低下しておりその傾向は両者で同じである。これらの好感度に基づいて、各要素モデルの評点を最高点2.0として定量化した。

次に、円要素について線分比と中心角の好感度と評点を図-4(a), (b)に示した。その結果によれば、円の弦の線分比が5:5の時に最も好感度が高く、線分比が小さく

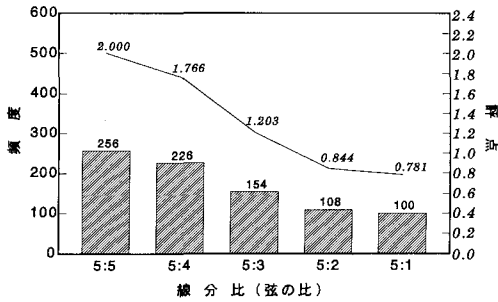


(a) 線分比に関する好感度分布と評点

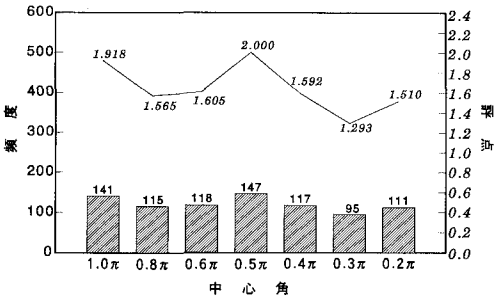


(b) 夾角に関する好感度分布と評点

図-3 直線構成要素モデルの好感度分布と評点

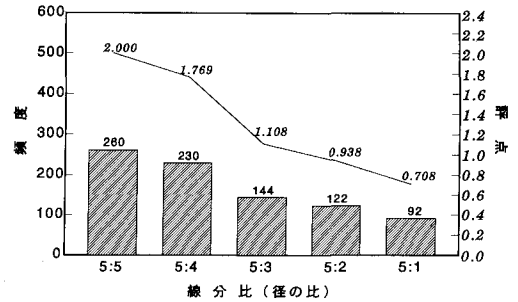


(a) 弦の比に関する好感度分布と評点

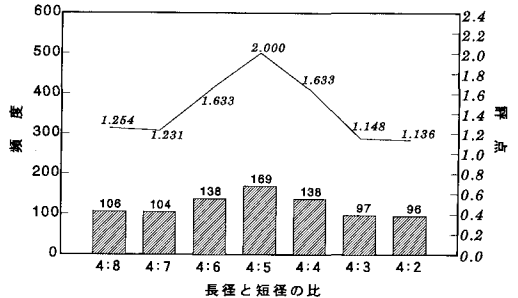


(b) 中心角に関する好感度分布と評点

図-4 円構成要素モデルの好感度分布と評点



(a) 径の比に関する好感度分布と評点



(b) 楕円の長短径比に関する好感度分布と評点

図-5 楕円構成要素モデルの好感度分布と評点

なるに従って好感度が低下している。中心角については、 0.5π の時に最も好感度が高くなっているが、全体的にあまり好感度に差はなくアンケート調査に際して真ん中と両端のものが選択され若干大きくなっている可能性が認められた。これらの好感度に関する調査結果に基づいて、円構成要素について最高点を2.0として評点を求めた。

さらに、楕円要素について径の線分比とアスペクト比の好感度と評点を図-5(a), (b)に示した。その結果によれば、楕円の径の比は直線・円要素と同様に5:5の時に最も好感度が高く、線分比が小さくなるに従って好感度も低下している。また、2つの楕円の長短径比については4:5の時に最も好感度が高く、それよりも大きくなっても小さくなくても好感度が低下している。これらの好感度に基づいて楕円要素の評点を最高2.0として定量化した。

以上の結果によれば、対称性を有する要素モデルが好感度が高いことが認められた。また、これらの傾向は各回答者共通に見受けられ、調査対象が少ない今回の調査の問題点を緩和するものと考えられる。

4. 漁港の美しさの定量化

4.1 漁港の幾何形状の分析

調査対象の15漁港について、漁港全体の幾何形状を3.で定義した要素モデルを用いて分解する。直線部お

よび曲線部について、直線・円弧・楕円弧を用いて近似し、各構成要素について線分比(円・楕円の弦の比を含む)と、夾角、中心角もしくはアスペクト比を求める。本研究における調査対象が国内に限定されているため、各漁港には曲線要素がほとんど用いられておらず、用いられている場合も数個以内であった。そこで、調査において最も好感度が高かった安乗漁港と最も好感度が低かった小田原漁港について、直線要素モデルの線分比とその夾角に関する使用頻度の比較を図-6、図-7に示した。

以上の結果によれば、アンケート調査により好感度が高いと評価された漁港は、線分比については傾向は明確ではないが、幾分5:5や5:4の線分比があまり多く用いられていないようである。夾角については広範囲の角

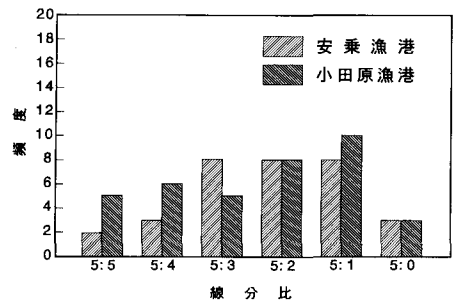


図-6 線分比の使用頻度分布の比較

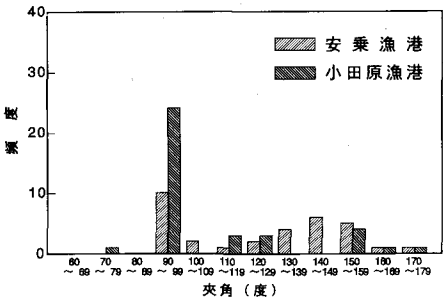


図-7 夾角の使用頻度分布の比較

度に分布しており、好感度が低い漁港における90°に集中する傾向とは明確に異なっている。このことは、直角と直線からなる構造物が曲線からなる自然海浜に対して人工的なイメージを与え好感度が低くなったものと考えられる。

4.2 漁港形状の秩序の定量化

漁港を構成する海岸構造物群および海岸線的全幾何形状の総線分長と幾何形状を構成する各要素の線分長を求めた。各構成要素について漁港全体の総線分長で除した線分長を重みとして、直線要素については線分比と夾角の好感度の総和を、円要素については弦の比と中心角の好感度の総和を、楕円については径の比と長短径比の好感度の総和を、各漁港形状について求める。これらが漁港形状の秩序を表す無次元化された指標となる。

4.3 漁港形状の複雑さの定量化

各漁港の複雑さを示す無次元化された指標として、2.で述べた要素率・偏平率・屈曲率を導入した。要素率は、調査対象全漁港の各構成要素数の平均で除した各漁港の構成要素数により定義され、相対的な構成要素数の多少の比較のために用いる。偏平率は各漁港の長径に対する短径の比により定義される。屈曲率は各漁港が内接する円の直径に対する水際線の総延長の比として定義される。以上の要領で各漁港について求められた要素率・偏平率・屈曲率を式(2)に基づき加えることにより、無次元化された複雑さの指標を得る。

4.4 漁港形状の美度の算定

以上述べた方法により調査対象の全漁港について求めた票数で表される美観度、要素率・偏平率・屈曲率により表される複雑さ、式(3)による秩序および式(1)による美度の一覧を表-1に示した。それによれば、偏平率が大きいものほど美しいと認識されている。偏平率が小さいにもかかわらず美しいとされた日間賀・那珂湊漁港は要素率が1.2以上で他の漁港に比べて大きな値となっている。逆に小田原港では日間賀・那珂湊港と同じ傾向にもかかわらず美観度が低くなっているのは、この漁港の秩序が大きいことによると考えられる。これらのことか

表-1 美度の算定に関する各種指標の一覧

漁港名	票 数	要素数	要素率	偏平率	屈曲率	複雑さ	秩 序	美 度
安乗	38	33	1.06	0.84	3.11	5.01	3.84	1.31
鴨川	35	34	1.09	0.80	3.63	5.53	4.35	1.27
日間賀	23	39	1.25	0.39	3.06	4.70	3.58	1.32
那珂湊	19	38	1.22	0.45	2.80	4.47	4.31	1.04
能生	19	26	0.84	0.84	3.91	5.59	5.07	1.10
波崎	12	29	0.93	0.84	2.13	3.91	6.49	0.60
阿古	11	33	1.06	0.63	3.75	5.44	5.86	0.93
蛸島	11	29	0.93	0.53	2.88	4.34	4.83	0.90
波切	11	33	1.06	0.55	2.80	4.41	4.10	1.07
用宗	8	37	1.19	0.60	5.03	6.82	4.80	1.42
黒部	6	24	0.77	0.56	3.85	5.18	5.10	1.02
新湊	5	17	0.55	0.83	2.60	3.97	5.14	0.77
串本	5	23	0.74	0.55	2.05	3.34	5.13	0.65
水見	5	34	1.09	0.78	2.57	4.45	4.40	1.01
小田原	2	38	1.22	0.46	3.35	5.02	4.77	1.05

ら、要素率が高く偏平率が大きいものほど好まれることが認められる。また、用宗漁港は屈曲率が極端に大きいため美度が高く算定されているが、美観度は低くなっている。これは、水際線の複雑さを表す指標である屈曲率が余りに大きくなると、かえって雑然とした印象を与え美観度を低くするものと考えられることによる。このように屈曲率については、その値が大きくなることが必ずしも美度を増加させる方向に働かないことから、線形的取り扱いには問題がある。今後、線形的取り扱いの限界も含めて評価を厳密にする必要がある。要素率と偏平率については、実際の漁港が極端な値をとることがないことから美度の算定に対して逆の効果を示す例は見当たらなかったが、これらの指標が広範囲に分布する場合には屈曲率と同様取り扱いに注意を払う必要がある。

5. 漁港の美度と美観について

漁港の美観度をアンケート調査に基づく好感度より求めた。アンケート調査方法は、路上にて無作為に協力者を募り、面接形式により71名から回答を得た。武田ら(1992)が対象としたのと同じく15漁港について、トーンを調整した白黒の航空写真と第7次漁港整備長期計画平面図に基づき作成した漁港の輪郭線図を併せて一枚の紙にすべて掲示し、その中から好感のもてる漁港を3つ選ばせることにより、漁港の幾何学形状に着目した好感度の判定を依頼した。航空写真の調査への利用に際しては、撮影角度が問題となり極力真上から撮影した航空写真の収集に務めたが、一部斜めから撮影したものが含まれているので、輪郭線図を利用することにより撮影角度の相違による影響の排除に務めた。なお、撮影された写真中にヨット・漁船等の船舶、燈台やその他の建築物、森や山林の樹木が含まれるが、今回の調査が漁港の幾何学的形状に着目したものであるため好感度の判断には加えないよう回答者に指導した。また、調査対象が71名と少

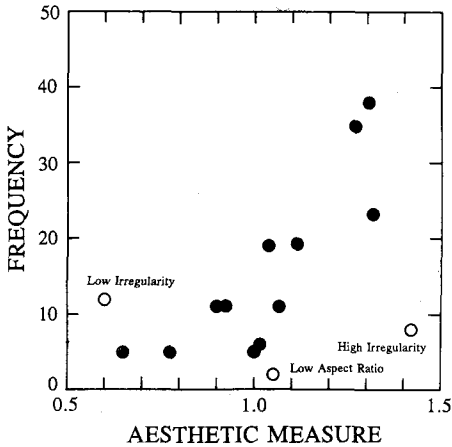


図-8 美度と美観の関係

ないが、武田ら（1992）の調査における傾向と同様の結果が顕著に現れたので、美度の定量的評価法の検証に用いた。

各漁港について求めた美度とアンケート調査に基づく美観度との相関を図-8に示した。それによれば、美観度は美度と正の相関を示している。相関関係から大きくはずれているものがあるが、それらには次の原因が考えられる。すなわち、波崎漁港は屈曲率が他に比較して相当小さく、小田原漁港は秩序の指標が大きく、また、用宗漁港は極端に屈曲率が大きくなっていることである。

著者らが提案したように秩序と複雑さを無次元化した値として得ることは、以上述べたように本質的には式（1）のように単純に表せないと考えられる美度の評価式に修正の可能性を与えるものである。しかしながら、設計への適用を考えると実用面から評価式を複雑にすることは必ずしも妥当ではない。本研究では、いたずらに複雑にすることは避け景観の定量化の可能性を具体例を用いて示した。Birkhoff (1933) は著者らとは逆に秩序の増加が美度を増し、複雑さの増加は逆に美度を減少させるものと考え次式を提案している。

$$M = O/C \quad \dots\dots\dots (4)$$

他に、Davis (1936) は秩序と複雑さの増加が共に美度を増加させるものとして式（5）に示す美度の算定式を提案している。

$$M = O \times C \quad \dots\dots\dots (5)$$

武田ら（1992）によれば、デービス式を用いて算定した美度も、パーコフ式による結果と同様に、美度と美観度が緩い逆相関を示すとしている。その理由としては、デービス式も、秩序および複雑さがパーコフ式と同様の手法により求められており、特に複雑さの定量化が不十分であるため複雑さの感度が低いことによると考えられ

る。さらに、著者らが提案した秩序と複雑さは無次元量として定義されているので問題はないが、彼らの定義に従えば、次元を有する複雑さと秩序を掛け合わせることから、得られる美度が意味不明の次元を有することになることが問題点として指摘できる。

これらの美度が個人の主観に依存しているものであることから、集団や時代の嗜好の影響を受けるものと考えられる。半世紀以前の評価基準は秩序を正の方向に複雑さを負の方向に扱う可能性も否定できない。しかしながら、アンケート調査結果は、秩序が高く評価される直線と直角からなる人工的な形状に対して、低い評点（美観度）を与えている。また、複雑さの指標が大きくなるに従って美度が高くなる傾向も、要素率や偏平率では顕著に認められる。今回の美度の評価法では、あえて複雑さの各指標に対して重みを考慮していない。これは、今後調査対象を拡げる中で、感度分析等の手法を用いながら経験的に求めていくのが妥当と考えたことによる。重みを考慮しなくても全体の傾向は明瞭に出ているが、屈曲率については過大に評価していることが考えられる。

6. 結 論

以上の検討の結果、以下の結論を得た。

（1）幾何形状の秩序で除した複雑さで定義される美度の評価式は美観度と良い相関を示していることから、美観度の定量化が提案した美度の評価式により可能である。

（2）要素率や偏平率を大きくすることにより構造物群の美観度を高めることが可能と考えられる。逆に、直線と直角で構成される構造物は秩序の指標が高まるが美観度を減少させる可能性が強い。

（3）今回検討したのは漁港の平面形状であるが、この手法を用いることによりCG等で平面画像化された鳥瞰図についても美度を評価することが可能である。

（4）施工前および施工後の漁港形状にこの手法を適用することにより、漁港計画の積極的評価が可能である。

参 考 文 献

- 上島順司・加藤 寛・斉藤 潮 (1990): 港の景観構成に関する研究, 港研報告, 第29巻, 第3号, pp. 95-118.
- 武田 力・前野賀彦・竹沢三雄 (1992): 港湾の美観に関する研究, テクノオーシャン'92, Vol. 2, pp. 520-525.
- 辻 安治・永末英之・佐藤秀輝・古屋正之 (1992): コンピュータ・グラフィックスを用いた港湾施設の景観設計, 海洋開発論文集, Vol. 8, pp. 385-390.
- Birkhoff, G. D. (1933): Aesthetic Measure, Harvard University Press.
- Davis, R. C. (1936): An evaluation and test of Birkhoff's aesthetic measure formula, J. of General Psychology, Vol. 15, pp. 231-240.