

港湾形状の美観の開発設計への影響に関する一考察

Influence of Aesthetic Measure on Harbour Design

竹澤 三雄¹⁾・前野 賀彦²⁾・宮下 薫³⁾・松井 義臣⁴⁾・日山 泰明⁵⁾

Mitsuo Takezawa, Yoshihiko Maeno, Kaoru Miyashita,
Yoshimi Matsui and Yasuaki Hiyama

The proposed quantitative evaluation method of the aesthetic measure for the arrangement of harbour structures were confirmed by the extended questionnaire survey. The harbour structures should be arranged by considering the wave and sea bed conditions, and the required function for harbour. The practically designed drawing and its improvements are influenced by the original configurations of coast line and seabed, or those of the former phase. This paper discussed the aesthetic measure on the drawings of each phases in the process of the practical developments, e.g. the Port of Los Angeles and the Port of Tokyo, based on the proposed method. The configurations in the final phase of the port developments show the higher aesthetic measure than those of the former phases. This means that the designers were unconsciously affected by their easthetic feelings on the configurations of the former phases in developing process.

Keywords:(aesthetic measure, harbour design, coastal structure)

1. 序 論

人々の余暇の利用法の多様化に対応して、近年マリナーや人工海浜などの海洋性レクリエーション施設が数多く計画されその一部はすでに建設されている。また、都市の沿岸域への拡大に伴いウォーターフロント開発も盛んに行われている。それらの一例として、みなとみらい21地区や幕張副都心などがあげられる。このような臨海部の開発造成に際しては、本来は、周辺海域の海象条件、海底地盤の土質・地質条件、施工条件・技術的背景を考慮にいて、開発意図がより反映する計画が立案されるものと考えられる。しかしながら、以前に造成された埋め立て地の形状がしばしば造成計画の拘束条件となっている。したがって、開発造成するに当たって、その対象地域の平面図の美度が計画立案図に何らかの相関を有しているものと考えられる。そこで、竹沢ら(1993b)の提案している美度の定量的評価法を用いて開発地域の各計画段階の平面図の美度を算定することにした。彼らの美度の算定法において、各構成要素の評点を与える基本データの調査対象数が少ないので、今回、調査地点・調査対象を増やして、彼らの算定法を検証した。さらに、その結果に基づいて、米国ロサンゼルス港と東京港の開発計画に伴う港湾形状の美度の変遷を検討した。

2. 港湾形状の美度の定量化法

港湾形状の美度は、竹沢ら(1993b)の方法に従って定量化した。その方法とは、美しさの指標である美度Mを、複雑さCと秩序Oとの比として式(1)と定義するものである。

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

上式において、複雑さCは、要素率E、偏平率A、屈曲率Iの各無次元指標を用いて式(2)のように表される。

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

ここで、要素率は、調査対象港湾の各開発段階の平面図から読み取れる港湾形状の各構成要素数の平均で除した港湾の構成要素数により定義される。この指標は港湾形状の複雑さの度合いによる美観を定量化するものである。単純であることが人工的なイメージを導く場合があるのと同様に、複雑すぎる場合にもかえって美観を低下させる。

偏平率は各開発段階の港湾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。この指標も、長径と短径が同じ場合(つまりA=1.0)には美観度は高くなく、偏平になるに従って(A→小)美観度が増すものと考えられるが、あまり偏平になるとかえって美観度が低下するものと考えられる。

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、各港湾が内接する円の直径に対する港湾を構成する構造物の水際線の総延長の比として定義される。この指標も、港湾形状が複雑になるに従って大きくなり(I→大)、ある程度までは美観度を増すが、

- 1) 正会員 日本大学理工学部土木工学科
(〒101 東京都千代田区神田駿河台1-8-14)
- 2) 正会員 日本大学短期大学部建設学科
- 3) 三井共同建設コンサルタント株式会社
- 4) 積水化学工業株式会社
- 5) 日本大学理工学部土木工学科

それ以上になるとかえって美観度を減少させる。この指標は、港湾形状によっては相当大きな値となるので、ここでは相対的な屈曲率を美度の評価に用いることとし、対象全港湾の平均屈曲率で除して相対的屈曲率とした。

また、秩序Oは、それぞれ直線・円・楕円で表される各構成要素モデルについて、アンケート調査に基づき求められた好感度（評点）に、対象とする港湾のすべての構成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与えられる重みを考慮することにより式(3)として求められる。

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

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は対象とする港湾の構成要素数、 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。

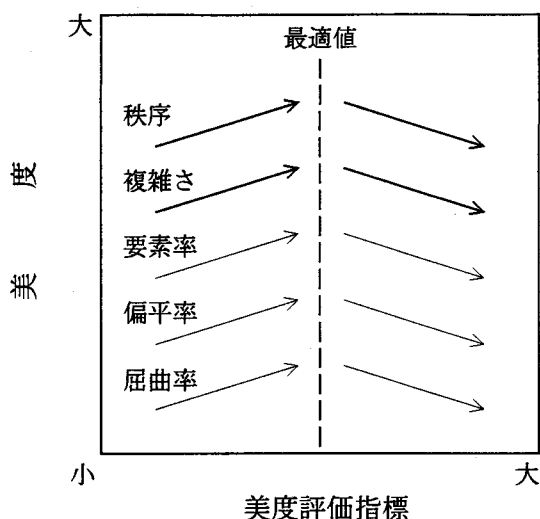


図-1 各種指標と美度の関係の模式図

この秩序も、図-1に示すように、無秩序な段階からは指標が大きくなるに従って美度を増すように作用するが、ある値を越えるとなつて人工的な色彩が増すと、この指標の増加は美度を減少させる方向に作用する。複雑さも、式(2)に示すとおり要素率・偏平率・屈曲率からなるので、それらの指標がそれぞれ増加するに従い増加し、ある値を越えると減少する傾向を示す。

竹沢ら(1993b)は、この秩序の増加に伴い美度が減少する範囲の秩序の変化と複雑さの増加に伴い美度が上昇する範囲の複雑さの変化に着目し式(1)を提案している。他方、Birkhoff(1933)は、秩序の増加に伴い美度が増加する範囲と複雑さの増加に伴い美度が減少する範囲に着目して式(4)を提案している。

$$M(\text{美度}) = O(\text{秩序}) / C(\text{複雑さ}) \quad (4)$$

図-1は各種指標の増減と美度の増減を示す模式図であり、最大美度を与える各指標の最適値は、各指標毎に異なるものと考えられる。特に、複雑さについては、それを構成する指標の変化の特性が合成されたものとなることから、増減のパターンは単純でないことは想像できるが、全体傾向としては、図-1に示すとおりと考えられる。これらの指標の最適値は、経験的に求められるべきものであるが、今回の調査に基づいて与えることはできない。

3. 調査の概要

3.1 調査対象地域と人数

竹沢ら(1993b)の港湾形状の美度の定量化手法の検証のため、調査対象人数と調査地域を増やしてアンケート調査を行った。調査地点は、①都心のJRお茶の水駅周辺や、②沿岸域の再開発空間に生活する人を対象とするみなとみらい21地区、③レジャーを目的とした人達を対象とする湘南海岸、④漁村集落である京都府舞鶴市三浜・小橋地区、⑤海洋性レクリエーションの主役である若者の集う大学キャンパス（日本大学理工学部駿河台・習志野）である。

表-1 アンケート調査の回答者の内訳

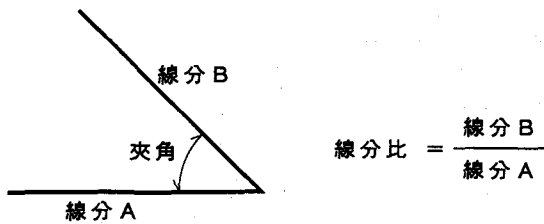
場 所	男 性	女 性	総 数
お茶の水	40	59	99
桜木町	31	79	110
湘南海岸	82	103	185
三浜小橋	33	25	58
駿河台	301	13	314
習志野	149	20	169
総 計	636	299	935

各調査地域における調査対象人数およびその内訳は表-1に示すとおりである。調査対象人数は総数935名で、その内訳は男性636名、女性299名である。また、回答者の年齢構成は10歳台186名(19.9%)、20歳台607名(64.9%)、30歳台39名(4.2%)、40歳台47名(5.0%)、50歳台33名(3.5%)、60歳台11名(1.2%)、70歳台3名(0.3%)であり、若年層を中心とした調査であるといえる。

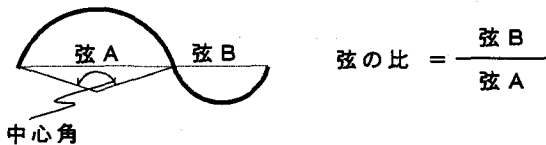
3.2 調査内容

調査内容は、竹沢ら(1993)と同様に、港湾形状の構成要素について好感度を問うものである。港湾形状は複数の直線と曲線により表現できるものとし、曲線要素については曲率やその組み合わせを変えた図形、直線要素については基準線に対する斜めの直線の角度や線分の長さの比を変えた図形とした。

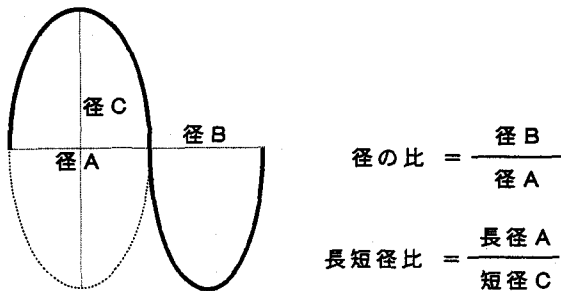
港湾の幾何形状を直線部と曲線部に分け、直線部については、図-2(a)に示すように1つの構成要素として隣合う2つの線分を考え、それらの線分比とその夾角を変化させることによりモデル化を行った。また、曲線部については、一つの構成要素として隣合う2つの曲線分を考え、曲線部を円弧により近似する場合には、図-2(b)に示すように2つの円の弦の比と中心角(曲率)を変化させることによりモデル化を行った。さらに、楕円により曲線部を近似する場合には、図-2(c)に示すように隣合う2つの楕円の径の比と楕円の長径と短径の比である長短径比を変化させることによりモデル化を行った。



(a) 直線構成要素モデル



(b) 円構成要素モデル



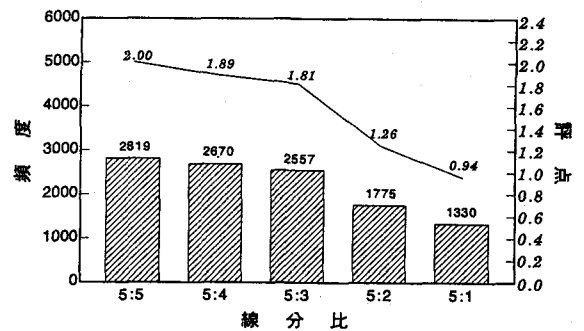
(c) 楕円構成要素モデル

図-2 構成要素モデル

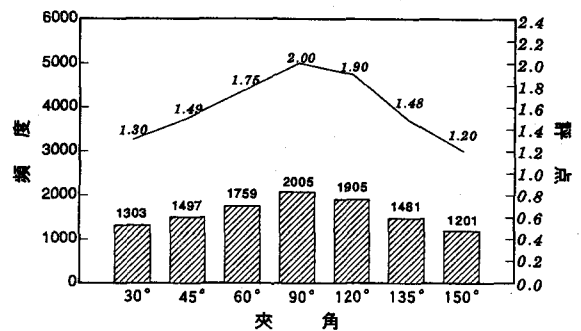
図-2に示した直線・円・楕円の3つの構成要素モデルの内、直線要素については、線分比を5:1~5:5の5段階、夾角を30~150°の範囲で7段階に変化させ、円要素については、線分比を5:1~5:5の5段階、中心角を0.2~1.0πの範囲で7段階に変化させ、楕円要素については、線分比を5:1~5:5の5段階、アスペクト比を4:2~4:8の範囲で7段階に変化させた。各々35のモデルについて、縦7列横5行に配列した調査表の各行各列から1つずつ好感もてる要素を選択させることにより構成要素の好感度(評点)を得た。

4. 調査結果と考察

3. で述べた調査により以下に示す結果が得られた。まず、直線要素について線分比と夾角の好感度(頻度)と評点を図-3(a)、(b)に示した。その結果によれば、竹沢ら(1993b)の結果と同様の全体的傾向を示しており、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。しかしながら、好感度の差に関しては、竹沢らの結果と比べて少ない傾向を示しており、線分比5:5~5:3の範囲では好感度にさほど大きな差は認められなかった。夾角についても、竹沢らの結果と同様の傾向を示しており、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はほぼ同じである。しかしながら、線分比と同様に各夾角間の好感度の差はあまり大きくはない。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。



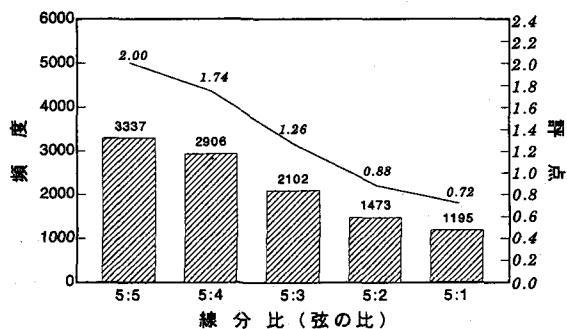
(a) 線分比に関する好感度分布と評点



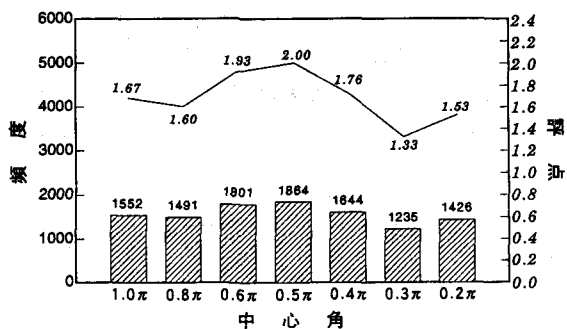
(b) 夾角に関する好感度分布と評点

図-3 直線構成要素モデルの好感度分布と評点

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、竹沢ら(1993b)の結果と同様に円の弦の線分比が5:5の時に最も好感度が高く、線分比が小さくなるに従って好感度が低下している。中心角についても、竹沢らと同様に0.5πの時に最も好感度が高くなっているが、特に0.6πとはほとんど差がなく、全体的に好感度に大きな差は認められない。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。

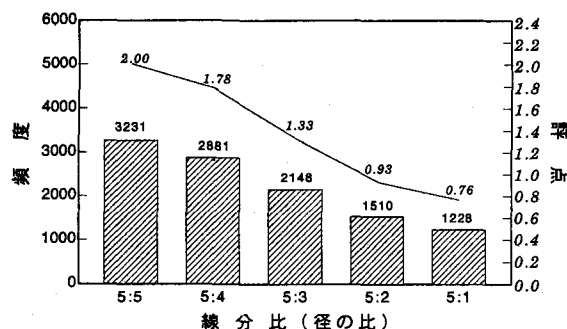


(a) 弦の比に関する好感度分布と評点

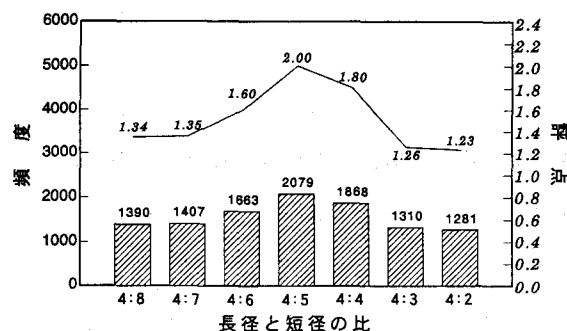


(b) 中心角に関する好感度分布と評点

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

さらに、楕円要素について径の線分比と長短径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、これも竹沢ら(1993b)と同様の傾向を示しており、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は低下している。また、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。

以上示したように今回の調査対象地域および調査対象人数を増やした拡大調査によっても、竹沢らの結果と同様の結果が導かれた。よって、竹沢ら(1993b)の美度の定量化に用いる港湾形状の構成要素に関する評点の検証ができたものと考えられる。しかしながら、美度の定量的評価法の検証に関しては未だ成されていない。そこで、竹沢らと同様に全国の典型的な15の漁港を対象とした好感度調査を行うことにより美度の定量的評価法の検証を行うことにした。

竹沢ら(1993b)の調査対象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し、図-3、4、5に示した各構成要素の評点に基づき、式(3)により秩序を算定した。複雑さの指標については、それぞれの定義に基づいて求められた要素率、偏平率および屈曲率から式(2)により算定した。以上の秩序と複雑さの指標から式(1)により美度を算定した。以上求めた要素率、偏平率、屈曲率およびそれらにより求められた複雑さの指標を秩序の指標と共に表-2に示した。

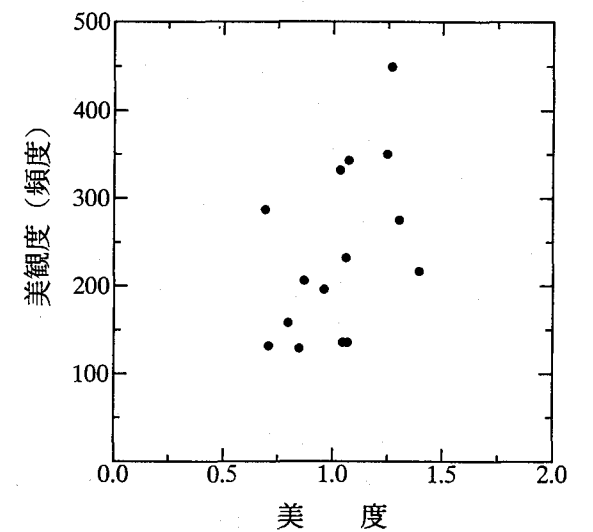
表-2 美度の算定に用いる各種指標と美観度

漁港名	要素率	偏平率	屈曲率	複雑さ	秩序	美度	美観度
安乗	1.13	0.84	0.98	2.95	2.33	1.27	449
鴨川	1.16	0.80	1.15	3.11	2.50	1.25	350
能生	0.88	0.84	1.23	2.96	2.76	1.07	343
波切	1.09	0.55	0.88	2.52	2.45	1.03	332
波崎	0.99	0.84	0.67	2.50	3.63	0.69	287
日間賀	1.34	0.39	0.97	2.70	2.07	1.30	275
那珂湊	1.31	0.45	0.88	2.64	2.49	1.06	232
用宗	1.27	0.60	1.59	3.46	2.48	1.39	217
蛸島	0.99	0.53	0.91	2.43	2.80	0.87	206
阿古	1.20	0.63	1.18	3.01	3.14	0.96	196
新湊	0.64	0.83	0.82	2.28	2.87	0.80	158
氷見	1.16	0.78	0.81	2.76	2.64	1.04	136
小田原	1.31	0.46	1.06	2.82	2.64	1.07	136
串本	0.78	0.55	0.65	1.97	2.79	0.71	132
黒部	0.81	0.56	1.22	2.59	3.06	0.85	129

また、3. において述べた港湾の構成要素に関する調査と同時に、竹沢ら(1993b)が対象とした15漁港について、漁港の幾何形状に基づいて好感の持てる漁港を3つ選択させることにより、美観度(頻度)を調査した。色彩の効果を取り除いて幾何形状に関する好感度を得るために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用

いた。ここで得られた美観度は、先に求めた美度と共に表－2に示した。

以上の調査結果により得られた美度と美観度について図－6に示した。



図－6 美度と美観度の関係

その結果によれば、美度と美観度は竹沢ら(1993b)の結果と同様に正の相関を示しているが、その傾向は竹沢らの結果に比べて緩やかになっている。しかしながら、美度の増加に伴い美観度が増加する傾向が確認されたことから、竹沢らの美度の定量的評価法は、拡大した調査に基づいて検証できたものと考えられる。

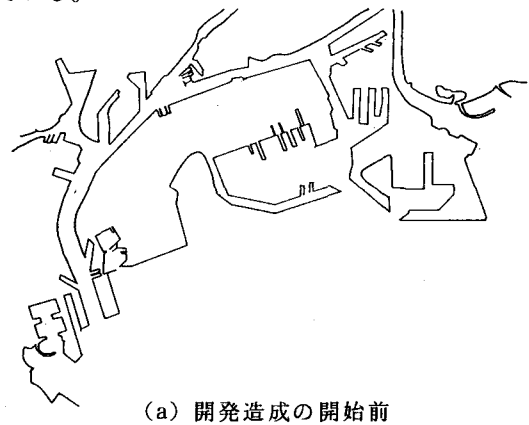
5. 開発造成の進捗に伴う港湾形状の美度の変化

竹沢ら(1993)の美度の定量化法の一連の検証の結果に基づき、実際に図－7に示す米国ロサンゼルス港の開発造成計画の実施前、計画段階Ⅰ(PHASEⅠ)と計画段階Ⅱ(PHASEⅡ)の各段階毎の港湾形状の美度の変遷を検討した。

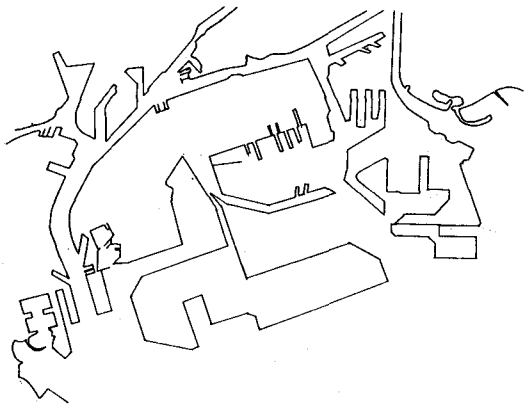
表－3に示す結果によれば、全体的に開発の進捗に伴いロサンゼルス港の美度は増加傾向を示しているが、PHASEⅠとPHASEⅡとでは美度に有為な差が生じていない。それは、開発に伴い港湾形状の屈曲率が増加したことにより美度が増加することによるが、開発の途中段階であるPHASEⅠにおいて、一時的に要素率が高まったことから、PHASEⅡと比べて屈曲率が低いことによる美度の減少を補填しているためと考えられる。

さらに、図－8に示す東京港の美度の年代変化を検討した。その結果によれば、1970年における港湾形状の美度と1992年における港湾形状の美度とはほぼ同じ値であるのに対して、1981年における港湾形状の美度が低下していることが認められる。それは、1981年における現状が開発の途中段階であることにより、直線で囲まれた大きなブロック状の形状が多くなり、そのため要素率が低下し秩序の指標が増加したことによるものと考えられる。その後開発が進捗することにより

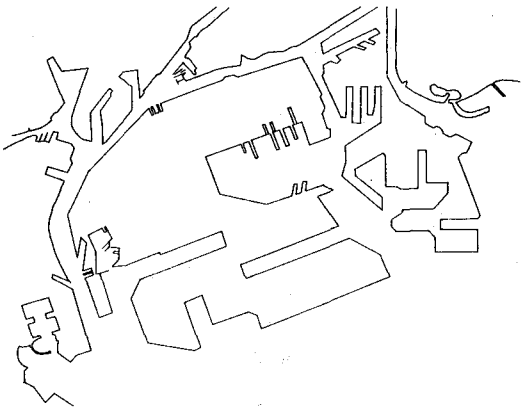
要素率が増し、秩序が減少することにより美度が増加している。



(a) 開発造成の開始前



(b) 計画段階Ⅰ(PHASEⅠ)

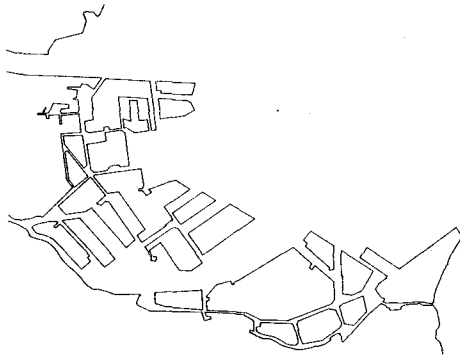


(c) 計画段階Ⅱ(PHASEⅡ)

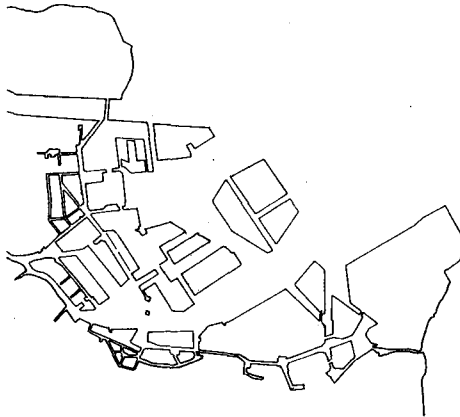
図－7 米国ロサンゼルス港

表－3 ロサンゼルス港の美度

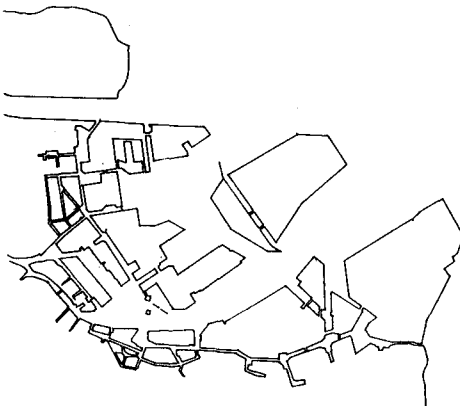
計画段階	要素率	偏平率	屈曲率	複雑さ	秩 序	美 度
再開発前	0.91	0.67	0.85	2.43	3.13	0.78
PHASEⅠ	1.07	0.67	1.03	2.77	3.12	0.89
PHASEⅡ	1.02	0.67	1.12	2.81	3.11	0.90



(a) 東京港 1970



(b) 東京港 1981



(c) 東京港 1992

図-8 東京港

表-4 東京港の美度

計画段階	要素率	偏平率	屈曲率	複雑さ	秩序	美度
東京港 '70	1.23	0.80	0.91	2.94	3.04	0.96
東京港 '81	0.81	0.88	1.05	2.74	3.07	0.89
東京港 '92	0.96	0.88	1.05	2.89	2.98	0.97

以上示したように港湾構造物の各開発段階における美度を定量化することにより、開発の方向性の評価をできる可能性がある。開発造成計画を立案し、図面に落とす作業に際して、港湾の幾何学的形状の美観の影響があるものと考えられる。本研究による定量化され

た美度は、開発の途中段階で減少する結果を示しており、計画の最終段階では美度が増加する傾向を示している。適用例も少なく断定はできないが、美度を客観的に定量化することが可能であれば開発造成計画の評価への応用も将来的に考えられる。

本研究で提案した美度の定量化の手法は、シーン景観の分析への応用も考えられる。CGを利用した景観分析が盛んに行われているが（例えば、辻ら、1992）、視点を変えて各種の構図について再現することにより景観を評価するにしても、個々のシーンについて定量的美観の評価法が必要である。今後、式(2)に示される複雑さの指標において、ヒューマンスケール等の他の景観要素を考慮することにより美度の定量的評価法の検討を継続する予定である。

6. 結 論

以上の検討の結果、以下の結論を得た。

- (1) 調査対象人数・地域を拡大して実施した調査結果は、竹沢ら(1993)の美度の定量化法を支持するものであった。美度に関しては、あまり地域差は認められず、竹沢らの結果と同様の結果が導かれた。
- (2) 竹沢らの定量化法を用いて各開発段階毎に算定した美度によれば、米国ロサンゼルス港の美度は、開発造成計画の進捗に伴い増加していることが確認できた。
- (3) 東京港の港湾形状の開発造成に伴う美度の変化に関する検討によれば、開発の途中段階では、一時的に美度が低下する傾向を示している。
- (4) この美度の評価法を用いることにより開発計画の積極的評価が可能となる。今後CG画面の利用による海岸構造物の美観の評価を試みる予定である。

参考文献

- 竹沢三雄・前野賀彦・武田力・滝沢幸一郎・土川孝雄(1993a): 漁港形状の構成要素の美観について、海洋開発論文集、Vol. 9、pp. 55-60.
- 竹沢三雄・前野賀彦・土川孝雄・滝沢幸一郎(1993b): 漁港形状の美観の定量的評価法に関する研究、海岸工学論文集、第40巻、pp. 1141-1145.
- 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.