

(株) ニュージェック 正会員 保田 敬一  
香川大学工学部 正会員 白木 渡

関西大学工学部 学生員 ○角野 大樹  
復建調査設計(株) 正会員 安達 誠  
関西大学工学部 正会員 堂垣 正博

1. まえがき

橋梁は、人々が古くから関心を寄せ、その美が注目されてきた代表的な土木構造物にもかかわらず、安全性・耐久性・使用性・施工性・経済性などに重点が置かれ、ややもすれば景観は軽視されがちであった。今日、人々が周辺環境に関心を抱くようになり、橋梁景観も重視されつつある。

橋梁景観の評価法の一つにフラクタル次元解析がある。フラクタル次元は、複雑なものの形状を自己相似な形状に定量化する指標である。既往の研究<sup>1)</sup>によれば、橋梁を含む背景のフラクタル次元が1.2から1.4の場合、比較的良好な景観とされる。

ここでは、橋梁景観のフラクタル次元解析による評価と、筆者ら<sup>2)</sup>が行った感性工学手法による景観評価とを比較し、フラクタル次元と感性工学手法による景観評価との相関性を明らかにする。また、フラクタル次元と視点場との関係を検討する。

2. フラクタル次元解析による景観評価

フラクタル次元は、ものの複雑さを表す指標である。ここでは、橋梁の景観評価にフラクタル次元が利用できるかどうか検討する。

フラクタル次元の求め方には、いくつかの方法<sup>3)</sup>がある。なかでもプログラミングが比較的に容易な方法として、Box-counting 法<sup>3)</sup>があげられる。ここでも Box-counting 法を用い、筆者ら<sup>2)</sup>が感性工学手法による桁橋の景観

評価で使った 90 枚の橋梁写真に対してフラクタル次元を求める。

一辺の長さ  $l$  が 30mm, 15mm, 10mm, 5mm になるように橋梁写真を格子状に分割し、周辺の景色の輪郭線も含めて橋梁の輪郭が格子内に表れる格子数  $n$  をカウントした。一例として、図-1 に 15mm の間隔で格子状に分割した緑川橋を示す。その結果から  $\log l$  を X 軸に、 $\log n$  を Y 軸にとり、格子の一辺長  $l$  を 30mm~5mm に変化させた場合にカウントされた格子数  $n$  をグラフにプロットした。その分布を直線回帰させると、フラクタル次元  $\alpha$  がその傾きから求められる。

表-1 はその結果である。また、フラクタル次元解析と筆者ら<sup>2)</sup>による感性工学手法の景観評価値の関係を示すために、フラクタル次元  $\alpha$  を横軸に、感性工学手

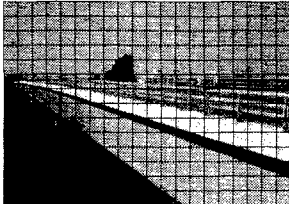


図-1 15mm の格子分割 (緑川橋)

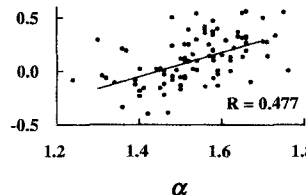


図-2 フラクタル次元と景観評価値との関係

表-1 橋梁のフラクタル次元と景観評価値および視点場との関係

| 順位 | 橋梁名      | $\alpha$ | N      | 視点場 | 視点場 | 視点場 | 順位 | 橋梁名      | $\alpha$ | N      | 視点場 | 視点場 | 視点場 |
|----|----------|----------|--------|-----|-----|-----|----|----------|----------|--------|-----|-----|-----|
| 1  | 東横川橋     | 1.76     | 0.006  | 近景  | 斜側面 | 上方  | 31 | 野村橋      | 1.58     | 0.138  | 近景  | 斜側面 | 上方  |
| 2  | 長井橋      | 1.75     | 0.552  | 近景  | 斜側面 | 上方  | 32 | 備作大橋     | 1.58     | 0.474  | 中景  | 斜側面 | 上方  |
| 3  | 新田野川大橋   | 1.73     | 0.333  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 33 | 太田橋      | 1.58     | 0.374  | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 4  | 柳田大橋(Ⅱ期) | 1.71     | 0.277  | 中景  | 斜側面 | 上方  | 34 | 町屋橋      | 1.58     | -0.063 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 5  | 天龍橋      | 1.71     | 0.142  | 中景  | 斜側面 | 上方  | 35 | 沼崎倉橋     | 1.58     | 0.192  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 6  | 座目橋      | 1.70     | 0.501  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 36 | 上の河内橋    | 1.58     | 0.344  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 7  | 鶴見橋      | 1.70     | 0.281  | 近景  | 斜側面 | 上方  | 37 | 藤仁大橋     | 1.57     | 0.144  | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 8  | 下倉橋      | 1.67     | -0.099 | 遠景  | 斜側面 | 上方  | 38 | 立見橋      | 1.57     | 0.252  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 9  | 御所河原大橋   | 1.66     | 0.324  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 39 | 女の都2号橋   | 1.56     | 0.419  | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 10 | 赤坂海浜大橋   | 1.66     | 0.192  | 近景  | 斜側面 | 上方  | 40 | 平いき橋     | 1.56     | 0.393  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 11 | 協進大橋     | 1.66     | 0.563  | 中景  | 斜側面 | 上方  | 41 | 武雄高架橋    | 1.56     | -0.144 | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 12 | 静橋       | 1.66     | 0.267  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 42 | 小瀬川橋     | 1.56     | 0.359  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 13 | 紅葉橋      | 1.66     | 0.314  | 遠景  | 斜側面 | 上方  | 43 | 湖名高架橋    | 1.54     | 0.012  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 14 | 戸南大橋     | 1.65     | 0.135  | 近景  | 斜側面 | 上方  | 44 | 信玄橋      | 1.54     | 0.098  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 15 | 新橋/井橋    | 1.65     | 0.315  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 45 | 三三三大橋    | 1.54     | 0.543  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 16 | 湯水橋      | 1.65     | 0.547  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 46 | 小栗川橋     | 1.54     | 0.297  | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 17 | 新川黒部大橋   | 1.64     | 0.370  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 47 | 常盤大橋     | 1.53     | 0.019  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 18 | 桜木橋      | 1.64     | 0.327  | 中景  | 斜側面 | 下方  | 48 | 清水橋      | 1.53     | 0.159  | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 19 | 太田川橋     | 1.63     | 0.220  | 中景  | 斜側面 | 下方  | 49 | 柳田大橋     | 1.52     | 0.391  | 遠景  | 側面  | 下方  |
| 20 | 行田大橋(Ⅰ期) | 1.62     | 0.002  | 中景  | 斜側面 | 下方  | 50 | 山賀高架橋西   | 1.52     | 0.092  | 中景  | 斜側面 | 水平  |
| 21 | 鶴見川橋     | 1.62     | 0.132  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 51 | 御蔵橋      | 1.52     | 0.251  | 中景  | 側面  | 下方  |
| 22 | 目黒高架橋    | 1.62     | 0.101  | 中景  | 斜側面 | 下方  | 52 | 大森沢橋     | 1.51     | 0.094  | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 23 | 新島橋(Ⅱ期)  | 1.61     | 0.291  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 53 | 第一東城大橋   | 1.51     | 0.254  | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 24 | 権水川大橋    | 1.60     | 0.153  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 54 | 関西橋(Ⅱ期)  | 1.51     | 0.122  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 25 | 黄金中島橋    | 1.59     | 0.006  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 55 | 中岡大橋     | 1.51     | -0.063 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 26 | 越前高架橋    | 1.59     | -0.026 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 56 | 宮川大橋     | 1.51     | 0.111  | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 27 | 養老川橋     | 1.59     | -0.135 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 57 | 武雄高架橋    | 1.51     | -0.049 | 中景  | 斜側面 | 水平  |
| 28 | 関西大橋(Ⅰ期) | 1.59     | 0.401  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 58 | 鵜飼川橋     | 1.50     | 0.118  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 29 | 岩倉橋      | 1.58     | 0.103  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 59 | 下総利根大橋   | 1.50     | -0.170 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 30 | 新大正橋     | 1.58     | 0.205  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 60 | 新土師橋     | 1.50     | -0.134 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 61 | 安楽川橋     | 1.50     | -0.057 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 61 | 安楽川橋     | 1.50     | -0.057 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 62 | 芝原橋      | 1.49     | 0.009  | 中景  | 斜側面 | 下方  | 62 | 芝原橋      | 1.49     | 0.009  | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 63 | 神田橋      | 1.48     | 0.505  | 中景  | 斜側面 | 下方  | 63 | 神田橋      | 1.48     | 0.505  | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 64 | 宇賀地橋     | 1.48     | -0.050 | 近景  | 斜側面 | 水平  | 64 | 宇賀地橋     | 1.48     | -0.050 | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 65 | 遠田橋      | 1.48     | -0.081 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 65 | 遠田橋      | 1.48     | -0.081 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 66 | 緑川橋      | 1.48     | 0.239  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 66 | 緑川橋      | 1.48     | 0.239  | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 67 | 藤原北路道橋   | 1.47     | -0.391 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 67 | 藤原北路道橋   | 1.47     | -0.391 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 68 | 下倉小島橋    | 1.46     | -0.032 | 中景  | 斜側面 | 水平  | 68 | 下倉小島橋    | 1.46     | -0.032 | 中景  | 斜側面 | 水平  |
| 69 | 砥石新橋(Ⅰ期) | 1.46     | -0.120 | 近景  | 斜側面 | 水平  | 69 | 砥石新橋(Ⅰ期) | 1.46     | -0.120 | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 70 | 豊田橋      | 1.46     | 0.003  | 近景  | 斜側面 | 水平  | 70 | 豊田橋      | 1.46     | 0.003  | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 71 | 新物治大橋    | 1.46     | -0.223 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 71 | 新物治大橋    | 1.46     | -0.223 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 72 | 砥石新橋(Ⅱ期) | 1.45     | -0.158 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 72 | 砥石新橋(Ⅱ期) | 1.45     | -0.158 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 73 | 一雨橋      | 1.45     | 0.014  | 中景  | 側面  | 水平  | 73 | 一雨橋      | 1.45     | 0.014  | 中景  | 側面  | 水平  |
| 74 | 川弟橋      | 1.45     | 0.023  | 中景  | 側面  | 下方  | 74 | 川弟橋      | 1.45     | 0.023  | 中景  | 側面  | 下方  |
| 75 | 八良尾大橋    | 1.44     | 0.020  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 75 | 八良尾大橋    | 1.44     | 0.020  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 76 | 新浜原真橋    | 1.42     | -0.401 | 近景  | 斜側面 | 水平  | 76 | 新浜原真橋    | 1.42     | -0.401 | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 77 | 篠原橋      | 1.41     | -0.158 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 77 | 篠原橋      | 1.41     | -0.158 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 78 | 下花水橋     | 1.40     | -0.233 | 遠景  | 側面  | 水平  | 78 | 下花水橋     | 1.40     | -0.233 | 遠景  | 側面  | 水平  |
| 79 | 静橋       | 1.40     | 0.020  | 近景  | 斜側面 | 下方  | 79 | 静橋       | 1.40     | 0.020  | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 80 | 日野川橋     | 1.40     | -0.185 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 80 | 日野川橋     | 1.40     | -0.185 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 81 | 笹目橋      | 1.39     | -0.084 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 81 | 笹目橋      | 1.39     | -0.084 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 82 | 浦佐大橋     | 1.39     | -0.126 | 遠景  | 側面  | 水平  | 82 | 浦佐大橋     | 1.39     | -0.126 | 遠景  | 側面  | 水平  |
| 83 | 中島橋      | 1.37     | 0.191  | 中景  | 斜側面 | 水平  | 83 | 中島橋      | 1.37     | 0.191  | 中景  | 斜側面 | 水平  |
| 84 | 吉東大橋     | 1.36     | -0.339 | 近景  | 斜側面 | 水平  | 84 | 吉東大橋     | 1.36     | -0.339 | 近景  | 斜側面 | 水平  |
| 85 | 久留米大橋    | 1.36     | 0.211  | 中景  | 斜側面 | 水平  | 85 | 久留米大橋    | 1.36     | 0.211  | 中景  | 斜側面 | 水平  |
| 86 | 司野橋      | 1.34     | -0.107 | 中景  | 斜側面 | 下方  | 86 | 司野橋      | 1.34     | -0.107 | 中景  | 斜側面 | 下方  |
| 87 | 広瀬大橋     | 1.32     | -0.063 | 近景  | 斜側面 | 下方  | 87 | 広瀬大橋     | 1.32     | -0.063 | 近景  | 斜側面 | 下方  |
| 88 | 楠川大橋     | 1.31     | -0.042 | 遠景  | 側面  | 水平  | 88 | 楠川大橋     | 1.31     | -0.042 | 遠景  | 側面  | 水平  |
| 89 | 佐伯橋      | 1.30     | 0.291  | 遠景  | 側面  | 水平  | 89 | 佐伯橋      | 1.30     | 0.291  | 遠景  | 側面  | 水平  |
| 90 | 北川5号橋    | 1.24     | -0.083 | 遠景  | 側面  | 水平  | 90 | 北川5号橋    | 1.24     | -0.083 | 遠景  | 側面  | 水平  |

法による景観評価値  $N$  を縦軸にとれば、図-2 を得る。ただし、感性工学手法による景観評価値とは、被験者 40 名の景観イメージ形容詞 43 項目の平均値とする。図から明らかなように、一般に、フラクタル次元の高い橋梁は感性工学手法による景観評価の値が高い。

3. フラクタル次元と視点場との関係

(1) 橋梁年鑑の 90 橋に対する考察

フラクタル次元に影響する要素に視点場がある。橋梁年鑑に掲載された 90 橋の桁橋写真のフラクタル次元を求めれば、表-1 のフラクタル次元と視点場との関係を得る。ここでの視点場とは、視距離（近景、中景、遠景）、視点高さ（斜側面、側面）、視線入射角（上方、水平、下方）を意味する。

はじめに、視距離について考察する。遠距離から写された橋梁のフラクタル次元は、近距離や中距離から写された橋梁に比べて相対的に低い。ただし、遠景の場合でも上方から撮影されたものであれば、フラクタル次元は高くなる。遠景からの写真の場合、近景や中景の場合に比べて空の占める割合が多く、その量によって評価が大いに異なる。

つぎに、視点高さについて考察する。上方から撮影された橋梁のフラクタル次元は、下方や水平から撮影された橋梁のそれらに比べて相対的に高い。上述の考察と同様、背景の複雑さが大いに影響するものと思われる。

また、視線入射角については、つぎのようである。斜め側面から撮影された橋梁のフラクタル次元は真正面から撮影された橋梁のそれより高い。これは、視距離とも関係し、視線入射角が側面の場合、視距離が中景や遠景しかなく近景との組合せがないからであろう。

(2) 視点場を変えた中園橋に対する考察

上述のように、視点場が変わるだけでフラクタル次元が変化することがわかった。そこで、兵庫県尼崎市田能の南を北西から南東にかけて流れる藻川に架かる

中園橋に注目し、視点場を変えた 12 枚の写真に対するフラクタル次元を求めた。その結果、表-2 に示すフラクタル次元と視点場との関係を得た。また、それらの写真の一部を図-3 と図-4 に示す。

視点高さについて考察すれば、上方、下方、水平の順にフラクタル次元が減少している。これは、上方や下方から撮影された橋梁の方が、水平から撮影された橋梁よりも輪郭線が増え、より複雑に見えるようになるからであろう。また、視点場とフラクタル次元との相関比を求めると、視距離、視線入射角、視点高さに対して、0.336, 0.280, 0.736 を得た。この結果から、フラクタル次元と視点高さの間には強い相関性があるが、視距離と視線入射角には、フラクタル次元との間に相関性があまりないことがわかる。

4. あとがき

橋梁年鑑から抽出した 90 枚の桁橋写真に対し、フラクタル次元を求めた。その評価結果を感性工学手法による評価結果と比較し、両者の相関性を明らかにした。フラクタル次元解析による景観評価には、視点場のうち、視点高さが大いに関係することがわかった。すなわち、同じ橋梁でも視点高さがいれば、フラクタル次元が大いに変化する。今後、上述の結果を十分に検討し、フラクタル次元と感性工学手法による景観評価との相関性、あるいは、フラクタル次元と視点場との関係などをより深く考究したい。

参考文献

1) 深井・小幡・林川・佐藤：土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集，I-A227，1998-10。  
2) 保田・白木・堂垣・河津・安達：構造工学論文集，土木学会，Vol.45A，pp.553-560，1999-3。  
3) 品川嘉也：医学・生物学とフラクタル解析，東京書籍，1992-10。

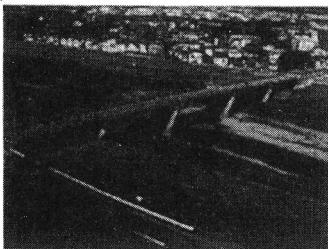
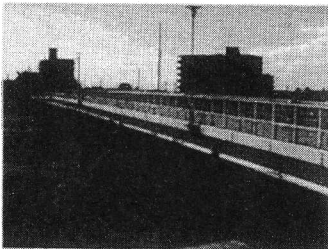


図-3 写真番号 6 (近景・斜側面・水平) 図-4 写真番号 10 (中景・斜側面・上方)

表-2 フラクタル次元と視点場の関係

| 順位 | 写真番号 | $\alpha$ | 視点場 |       |      |
|----|------|----------|-----|-------|------|
|    |      |          | 視距離 | 視線入射角 | 視点高さ |
| 1  | 7    | 1.72     | 中景  | 斜側面   | 上方   |
| 2  | 1    | 1.69     | 遠景  | 斜側面   | 上方   |
| 3  | 10   | 1.65     | 中景  | 斜側面   | 上方   |
| 4  | 8    | 1.62     | 近景  | 側面    | 下方   |
| 5  | 6    | 1.61     | 近景  | 斜側面   | 水平   |
| 6  | 5    | 1.60     | 中景  | 斜側面   | 上方   |
| 7  | 9    | 1.58     | 近景  | 側面    | 下方   |
| 8  | 4    | 1.58     | 近景  | 斜側面   | 下方   |
| 9  | 3    | 1.46     | 遠景  | 側面    | 水平   |
| 10 | 11   | 1.46     | 中景  | 斜側面   | 水平   |
| 11 | 12   | 1.42     | 中景  | 側面    | 下方   |
| 12 | 2    | 1.36     | 遠景  | 斜側面   | 水平   |