

## 技術ノート

# 異なる橋梁形式に対する景観の 定量的評価方法の研究

A Study on Evaluating the Landscape of Different Types of Bridges Quantitatively

越 後 滋\*  
Shigeru ECHIGO

西 土 隆 幸\*\*  
Takayuki NISHIDO

In selecting the types of bridges, a designer must evaluate their economy, driving comfort and landscape, etc. The designer especially feels difficulty to evaluate their landscape in short time because it is subjective. To resolve such problems, the authors have developed an expert system to evaluate the landscape of bridges quantitatively. The system considers beauty of the configuration of a bridges and its harmony with environment independently. The designer can select suitable types of bridges by using the result of the system.

*Kyewords : expert system, bridge's landscape, bridge type selection*

## 1. まえがき

21世紀を目前に控え、これから建設される社会資本としての土木構造物のあり方が問われ始めている。特に橋梁は、地域住民あるいは利用者が目にする機会が多い土木構造物の1つであり、周辺環境を十分に配慮した形式を望む声がますます強くなってきている。

ある地域に橋梁を架設しようとする場合、まず予備設計(1次選定)が実施され、考えられる10案程度の橋梁形式から3案程度の形式を決定する<sup>1)</sup>。3案程度に絞り込むためには、各形式の経済性、走行性あるいは景観などの評価が行われる。

橋梁の景観は、それ自体に美的感覚などの主観が含まれ、経済性や走行性に比べ定量的評価が困難である。また、時間的な制約もあり、景観の評価は、必ずしも十分には行われていない。

そこで著者らは、1次選定を対象にしてエキスパートシステムの手法<sup>2)</sup>を使い、異なる橋梁形式の景観を定量的に評価するシステムを提案した。このシステムでは、景観評価の精度向上と作業時間の短縮を目指した。

ただし、本システムは、1次選定における設計者の作業を支援するためのものであり、最終的な景観評価は、あくまでも設計者が行うべきである。また、橋梁の架設地点は、いろいろな環境が存在し、これらをすべて網羅できるシステムを作成するのは困難となるので、ここで

は河川橋梁を対象にした。

なお、本システムの開発は、ワークステーションSUN-4シリーズ(サンマイクロシステム)上でエキスパートシステム構築用ツールKBMS(NTTソフトウェア)とLisp言語を利用して行われた。

本文は、橋梁景観の定量的評価方法とその適用例について述べるものである。

## 2. 景観の定量的評価方法

### (1) 景観評価のためのルールとコメント

景観評価の専門家は、ある橋梁の景観を評価しようとする場合、一度に多くの項目を短時間に考慮し、最適な判断を下すであろう。しかしながら、それらをルール化することは、専門家の思考過程が必ずしも論理的とは限らず容易ではない。

そこで、著者らは橋梁景観を、次の2つの要素に分離して定量的な評価を行うことにした。

I:単体の橋種あるいは、各橋種を組み合わせた橋梁自体の形態美

II:周辺環境との調和性

本システムでは、I、IIそれぞれの定量的評価を加算して、最終的な景観評価とする。

橋梁を眺める位置は、景観評価に大きく影響することから重要な要素となる。ここでは、1次選定で行われて

\*川田工業㈱技術本部中央研究室室長 \*\*川田テクノシステム㈱開発二課係長

いるように、中景から橋梁の側面を眺めた場合の評価とする。以下にⅠ、Ⅱの具体的な評価方法について述べる。

a) 単体の橋種あるいは、各橋種を組み合わせた橋梁自体の形態美

橋梁自体の形態美を評価する場合、以下の2つを考慮した。

Ⅲ：2種類以上の橋種からなる橋梁では、中央径間の橋種を評価対象とする。

これは、橋梁の印象が中央径間の橋種に大きく左右されると考えたからである。

Ⅳ：桁橋（H桁、I桁、箱桁、鋼床版桁）は、すべて同じ評価とする。

橋梁の形態美の定量的評価を行うため、3)～11)などの参考文献から“if～then”の形となるルールを抽出したが、明確にルール化できたものは、約50であった。これらのルールでは、条件が満足すれば評価得点が与えられるようにした。ルールの1例を①に示す。

① 変断面桁では、側径間長は中央径間長の0.7～0.8倍がよい<sup>3)</sup>。

ところが、②は数値が明示されていないので、ルール化できなかったものである。

② 中小橋梁では、桁高／径間長、橋脚幅／橋脚高が小さいほどよい<sup>4)</sup>。

また、③はルールにはならないが、橋梁形式が決定された後、その形式についての詳細な景観検討のために有益と考えられるものである。

③ 斜張橋の塔柱の断面が大きくなった場合、幅広い単調な断面を避けるために凹凸のある断面形の採用が好ましい<sup>5)</sup>。

そこで、本システムでは、景観評価のためのルールとは別に、コメントとして②、③を表示することにした。コメントは、各橋種の形態美のほかに、付属物、周辺環境、視界、色彩、橋台、橋脚および橋梁一般の7つの項目が用意されており、その総数は約270である。

なお、橋梁の色彩は、景観の評価に大きな影響を与えるが、本システムでは1次選定を対象としていることから、コメントとして表示することにした。

b) 周辺環境との調和性

架設地点のすべての周辺環境を考慮し、各橋種との調和性を評価することは不可能であろう。そこで、6つの代表的な環境条件<sup>6)</sup>に限定して、それらの環境条件に対する各橋種の調和性の得点を表-1のように与えることにした。ある橋梁形式の景観評価は、表-1の得点と適用されるルールの得点を合計したものとなる。

表-1は、経験3年以上の10名の橋梁上部工設計者にアンケートを行い、その結果を平均したものである。

しかし、周辺環境に関係したルールとして④のような

表-1 周辺環境の調和性に対する各橋種の評価

| 橋種<br>環境条件の例            | 桁<br>橋 | ラ<br>ー<br>メ<br>ン | 上<br>路<br>ト<br>ラ<br>ス | 下<br>路<br>ト<br>ラ<br>ス | 上<br>路<br>ア<br>ー<br>チ<br>系 | 下<br>路<br>ア<br>ー<br>チ<br>系 | ロ<br>ー<br>ゼ | ニ<br>ー<br>ル<br>セ<br>ン | 上<br>路<br>ラン<br>ガ<br>ー | 下<br>路<br>ラン<br>ガ<br>ー | ト<br>ラ<br>ス<br>ド<br>ラ<br>ン<br>ガ<br>ー | 斜<br>張<br>橋 |
|-------------------------|--------|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------|
| 山が近くに見える                | 2.86   | 3.71             | 3.00                  | 2.43                  | 4.43                       | 3.14                       | 3.71        | 3.71                  | 4.00                   | 3.57                   | 3.14                                 | 2.86        |
|                         | 2.57   | 3.43             |                       | 1.86                  | 4.14                       | 2.43                       |             |                       |                        |                        |                                      | 3.00        |
| 田園部で山が遠くに見える            | 2.71   | 2.29             | 2.57                  | 2.86                  | 3.00                       | 3.71                       | 3.71        | 3.71                  | 2.71                   | 3.86                   | 3.71                                 | 4.14        |
|                         | 3.00   | 2.29             |                       | 2.29                  | 3.43                       | 2.71                       |             |                       |                        |                        |                                      | 3.71        |
| 比較的町並みが多く、建物がまばらに見える    | 2.86   | 2.29             | 2.57                  | 2.29                  | 3.00                       | 3.14                       | 3.71        | 3.71                  | 2.43                   | 3.00                   | 2.43                                 | 3.71        |
|                         | 2.71   | 2.57             |                       | 1.43                  | 3.29                       | 2.00                       |             |                       |                        |                        |                                      | 3.43        |
| 都市部もしくは市街地で住民が多く、建物も目立つ | 3.57   | 2.14             | 1.43                  | 1.29                  | 2.57                       | 2.43                       | 3.00        | 3.00                  | 2.29                   | 2.29                   | 2.29                                 | 3.43        |
|                         | 3.14   | 2.00             |                       | 1.00                  | 2.43                       | 1.43                       |             |                       |                        |                        |                                      | 2.57        |
| 大都市、高層ビルが近くにある          | 3.29   | 1.71             | 1.29                  | 1.14                  | 2.14                       | 1.43                       | 1.71        | 1.71                  | 1.57                   | 1.43                   | 1.14                                 | 1.86        |
|                         | 3.00   | 1.43             |                       | 0.86                  | 1.57                       | 1.00                       |             |                       |                        |                        |                                      | 1.14        |
| 河川敷が公園や運動場に使用されている      | 2.14   | 3.29             | 2.29                  | 2.29                  | 3.43                       | 3.14                       | 4.14        | 4.14                  | 3.00                   | 3.14                   | 2.43                                 | 4.29        |
|                         | 2.00   | 2.29             |                       | 1.29                  | 3.14                       | 1.71                       |             |                       |                        |                        |                                      | 3.71        |

(上段：鋼橋 下段：コンクリート橋)

0……1……2……3……4……5

まったく調和していない 最も調和している

表-2 付属環境条件

- ①工場等の煙突が目立つ
- ②景勝地、整備された古い町並み
- ③周りが小高い山に囲まれた平地となっている
- ④左右に河川敷がある
- ⑤架設地点が急な谷となっている
- ⑥架設地点がへん平な谷となっている
- ⑦見通しのよい平地となっている
- ⑧河川敷を持たない河川

ものがある。

④ 見通しのよい平地や広大な河川敷に架けられる橋は、等径間とするほうが不等径間とするよりも、景観的にまとまりのよい伸びやかな印象を与える<sup>6)</sup>。

そこで本システムでは、表-2に示す8つを付属環境として用意した。これらの付属環境に関係するものは、ルールとして評価される。

(2) 異なる橋種間の景観評価

各橋種に対して適用されるルールがまったく同じものであれば同じ条件で評価できるので、各ルールの得点と周辺環境の調和性の得点とを合計すれば、各橋梁形式の景観評価が定量的に行える。しかし、各橋種ごとに適用されるルールは同じものとはならず、その数も異なるので、各橋種の合計点をそのまま比較することはできない。そこで、各橋種間の違いを考慮した景観評価の方法を確立する必要がある。

各項目のルールの得点に、各橋種の違いを考慮した重みを乗じて、最終的な評価とした。重みには3種類の立場の人たちを対象にアンケートを行い、その平均値を与えた。3種類の立場の人たちとは、橋梁景観に対して多

表-3 周辺環境に対する経済性、走行性、景観の重み

| 周 辺 環 境                 | 重 み |     |     |
|-------------------------|-----|-----|-----|
|                         | 経済性 | 走行性 | 景 観 |
| 山が近くに見える                | 1.0 | 0.4 | 0.4 |
| 田園部で山が遠くに見える            | 1.0 | 0.4 | 0.6 |
| 比較的町並みが多く、建物がまばらに見える    | 1.0 | 0.4 | 0.5 |
| 都市部もしくは市街地で住民が多く、建物も目立つ | 1.0 | 0.6 | 0.8 |
| 大都市、高層ビルが近くにある          | 1.0 | 0.7 | 0.7 |
| 河川敷が公園や運動場に使われている       | 1.0 | 0.5 | 0.8 |

くの知識を持つ設計者および技術者、景観評価に対してあまり知識を持たない設計者および技術者、そして一般市民である。

なお、本システムでは、経済性、走行性および景観を考慮した評価も可能で、その場合には、おのおのの評価に表-3の重みを乗じたものを加算して最終評価とする。

なお、各項目のルール重み、表-1の各得点および表-3の各重みは、設計者が自由に変更できるようになっている。本システムでは、設計者があるルールの重みを変更した場合、その重みの平均値を新たに計算し、ファイルに格納する機能を有している。

### 3. 適用例とその考察

ここでは、上述した特徴を持つ景観評価支援システムを適用した場合の評価結果と、その考察について述べる。表-4に適用例の入力条件を、写真-1(a)~(d)には、評価の対象とした橋梁形式を示す。

一例として、図-1に3径間連続鋼床版箱桁橋の評価結果を示す。

設計者は、例えば図-1中のデータ番号2を指定すれば周辺環境条件を、またルール番号E4を指定すれば、鋼床版箱桁橋に対する周辺環境の評価の重みを変更できる。

表-4 適用例の入力データ (単位:m)

| 項 目                                                                                                                         | 鋼ニールセン橋                            | 鋼ローゼ橋                              | 2径間連続鋼床版箱桁橋                     | 3径間連続鋼床版箱桁橋                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 径 間 割                                                                                                                       | 116.0                              | 116.0                              | 58.0+58.0                       | 28.0+60.0+28.0                            |
| 背景との関係                                                                                                                      | 無関係                                | 無関係                                | 無関係                             | 無関係                                       |
| 主桁・主構・アーチリブ間隔                                                                                                               | 17.2                               | 17.2                               | 10.16                           | 10.16                                     |
| 橋 脚 形 式                                                                                                                     |                                    |                                    | コンクリート逆T型                       | コンクリート逆T型                                 |
| 橋脚高(平均水位からの高さ)                                                                                                              |                                    |                                    | 2.8                             | 3.0                                       |
| 橋脚幅(厚さ)                                                                                                                     |                                    |                                    | 2.8                             | 2.0                                       |
| 各橋梁形式特有の条件                                                                                                                  | 補剛材高1.2<br>アーチリブ高1.4<br>アーチライズ18.0 | 補剛材高1.2<br>アーチリブ高1.4<br>アーチライズ14.0 | 橋脚上の桁高2.8<br>側径間端部の桁高1.7<br>1.7 | 橋脚上の桁高2.6<br>中央径間中央部の桁高1.8<br>側径間端部の桁高1.3 |
| 基本条件<br>周辺環境：都市部もしくは市街地で住民が多く、建物も目立つ 付属環境：見通しのよい平地となっている 河川敷のない河川<br>橋梁形式はスカイラインを横切る 橋梁を目立たせる 全幅員：15.8 有効幅員：15.0<br>橋梁特性：直橋 |                                    |                                    |                                 |                                           |

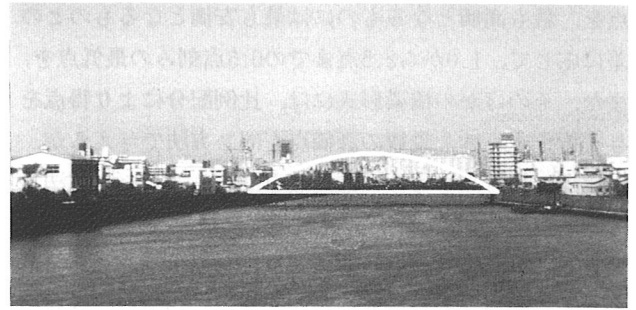


写真-1(a) 鋼ニールセン橋

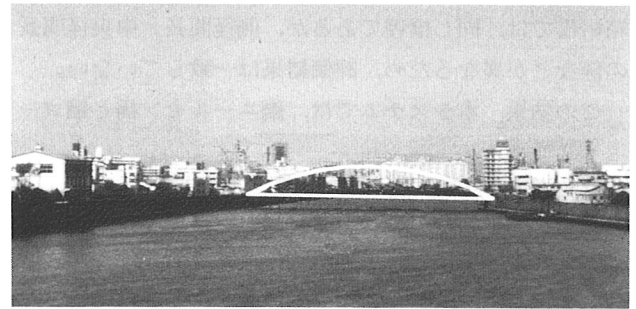


写真-1(b) 鋼ローゼ橋

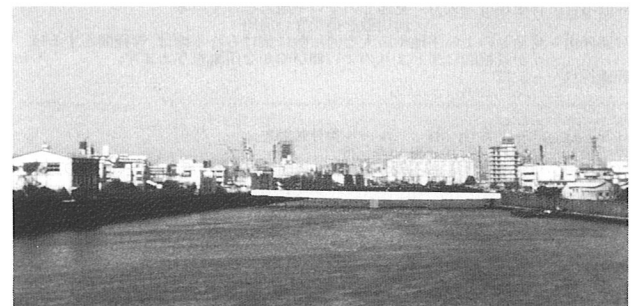


写真-1(c) 2径間連続鋼床版箱桁橋

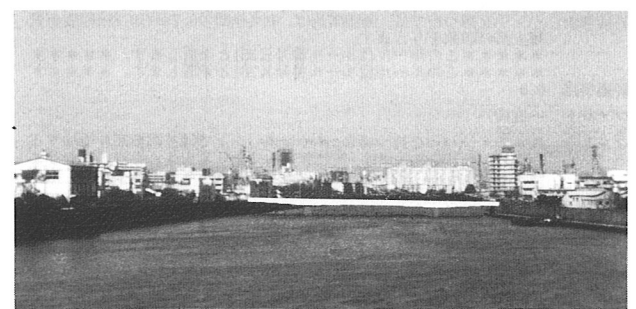


写真-1(d) 3径間連続鋼床版箱桁橋

評価結果の中でK381, K351そしてK50のルールは矛盾しているが、本システムではこのような場合、矛盾するルール番号を表示し、設計者の判断を仰ぐようにしている。この例では、K351とK50の重みを0として対処した。

経済性、走行性および景観を考慮した評価結果を、表-5に示す。

各橋梁形式の経済性は、以下の方法で評価点を与えた。各橋梁形式の中で最も安価となるものに、最高得点の3.0

点を、最も高価となるものには最も安価となるものとの差に応じて、1.0から2.5点までの0.5点刻みの最低点を、また、そのほかの橋梁形式には、比例配分により得点を与える。走行性、景観の評価点も同じ方法で与えるが、全得点が最も高いものに最高点を与える、という方法である。

表-5の結果から、鋼ニールセン橋と鋼ローゼ橋ではライズのみが異なるだけで、しかもそれらの値は、景観上よいとされている範囲なので、同じ評価結果となっている。一方、2径間連続鋼床版箱桁橋と3径間連続鋼床版箱桁橋では、同じ橋種であるが、側径間長/中央径間長の値などが異なるため、評価結果は一致していない。

この結果、本システムでは、鋼ニールセン橋と鋼ロー

|      |                                                                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 景観評価 | 橋種 (鋼床版箱桁橋 鋼床版箱桁橋 鋼床版箱桁橋)                                                                                     |
|      | 径間割 (28 60 28)                                                                                                |
|      | 全得点 5.69 順位 3                                                                                                 |
| 総合評価 | 総合得点 5.31 総合順位 4                                                                                              |
| 経済性  | 工費 1190 (百万円) 評価点 2.0 ルール番号 A14 重み 1.0                                                                        |
| 走行性  | 全得点 8.23 評価点 3.0 ルール番号 A24 重み 0.6                                                                             |
| 景観   | 全得点 5.69 評価点 1.89 ルール番号 A34 重み 0.8                                                                            |
| 評価記録 | データ番号 2 ルール番号 E 4                                                                                             |
| 評価項目 | 周辺環境 入力 鋼床版箱桁橋                                                                                                |
| 評価理由 | 都市部もしくは市街地で住民が多く、建物も目立つ。                                                                                      |
| 評価得点 | 3.57                                                                                                          |
| 評価記録 | データ番号 3 ルール番号 K381                                                                                            |
| 評価項目 | 付属環境 入力 見通しのよい平地となっている河川敷を持たない河川                                                                              |
| 評価理由 | 見通しのよい平地や広大な河川敷に架けられる橋は、等径間とするほうが景観的にまとまりのよい伸びやかな印象を与えます。                                                     |
| 評価得点 | -2.77                                                                                                         |
| 評価記録 | データ番号 34 ルール番号 K351                                                                                           |
| 評価項目 | 径間割 入力 (28 60 28)                                                                                             |
| 評価理由 | 単独に架けられる橋の場合、3径間では、3:5:3、くらいの比率とすると景観上良いとされています。                                                              |
| 評価得点 | 0.0                                                                                                           |
| 評価記録 | データ番号 43 ルール番号 K49                                                                                            |
| 評価項目 | 変断面桁高/中央径間長 入力 0.03                                                                                           |
| 評価理由 | 2径間連続変断面桁の場合、 $H1/L2=1/25\sim1/30$ (0.033~0.040)、がよいとされています。L2:中央径間長、H1:中央径間の中央部の桁高                           |
| 評価得点 | 2.49                                                                                                          |
| 評価記録 | データ番号 34 ルール番号 K50                                                                                            |
| 評価項目 | 側径間長/中央径間長 入力 0.46                                                                                            |
| 評価理由 | ハンチを持つ桁では、側径間長は、中央径間の0.7から0.8程度が景観上良い印象を与えます。                                                                 |
| 評価得点 | 0.0                                                                                                           |
| コメント | 一直橋--                                                                                                         |
| コメント | 橋がキャンバーを持つ場合、メインスパン上ではその桁高を増加するために、桁下端の曲率は、道路面の曲率よりも大きくなければなりません。もちろん、道路面が縦断勾配状態に変化している場合には、桁下端は水平であってはなりません。 |
| コメント | 連続桁において、ハンチを繰り返す形状は、橋が地上から高くなく、橋の造る空間が偏平な形では、三た目上は良い印象を与えます。このような場所では桁端を円形状の曲線にすると景観上良い印象を与えます。               |

図-1 評価結果 (3径間連続鋼床版箱桁橋)

表-5 総合評価の結果 (CASE-2)

| 評価項目     | 重み  | 鋼ニールセン橋           | 鋼ローゼ橋             | 2径間連続鋼床版箱桁橋      | 3径間連続鋼床版箱桁橋       |
|----------|-----|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 経済性      | 1.0 | 2.08<br>(1170百万円) | 2.00<br>(1190百万円) | 3.00<br>(950百万円) | 2.00<br>(1190百万円) |
| 走行性      | 0.6 | 2.50              | 2.66              | 2.83             | 3.00              |
| 景観       | 0.8 | 3.00              | 3.00              | 1.00             | 1.89              |
| 本システムの順位 |     | ①                 | ①                 | ④                | ③                 |
| アンケートの順位 |     | ①                 | ①                 | ④                | ③                 |
| 総合得点     |     | 5.98              | 6.00              | 5.50             | 5.31              |

ゼ橋が1位となった。また、表-5には、重みを決定してもらった30人に写真-1(a)~(d)を見せて、景観評価の順位づけをしてもらった結果も示しているが、本システムと同じ結果となった。

#### 4. あとがき

本文では、エキスパートシステムの手法を用い、異なる橋梁形式の定量的な景観評価を行えるシステムの特徴と、適用例について述べた。

本システムにより、従来行われていた1次選定の景観評価作業の省力化が可能となるとともに、これまで困難とされていた橋梁景観の評価方法に対する足がかりが得られたと考える。

しかしながら、本システムには解決すべき課題が残されている。例えば、景観評価のためのルールは約50と少ないが、コメントの数は約270あり、その中には具体的な数値を与えることにより、ルールとなるものがある。今後、このようなコメントに対する検討が必要となろう。

本研究を進めるにあたり、名古屋大学伊藤義人助教授のご指導を受けました。ここに心よりお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 日本橋梁建設協会:鋼橋の計画, 1988年10月.
- 2) 上野晴樹:知識工学, オーム社, 1985年.
- 3) Leonhardt,F.: Bridges - Aesthetics and Design -, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH.Stuttgart,Germany, 1982.
- 4) Wengenroth,H.W.: Bridge Engineer Looks at Esthetics of Structures,ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol.97,No.4,pp.1227~1237, Apr.,1971.
- 5) 土木学会構造工学委員会:美しい橋のデザイン・マニュアル, 土木学会, 1982年.
- 6) 日本橋梁建設協会:景観マニュアル1987,橋と景観, 1987年12月.
- 7) 佐藤康一:橋梁と背景との景観的適合性に関する研究, 構造工学論文集, Vol.37A, pp.721~731,1991年 3月.
- 8) 塩崎禎郎, 松本 勝, 白石成人, 細谷 学:周辺環境との調和を考慮した橋梁景観に関する研究, 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集 I, pp.740~741,1991年9月.
- 9) 山本 宏:橋梁美学, 森北出版, 1980年.
- 10) 大泉 楯:土木構造物の景観計画, 土木学会関東支部講習会テキスト「土木景観, Landscape and Civic Design」, 1990年 9月.
- 11) 日本道路協会:橋の美, 道路橋景観便覧, 1977年7月.