

## I - 5

## 畳み込み積分による構造物と景色の定量的相関性

東北大学大学院 ○学生員 廣瀬 克身  
 東北大学工学部 正 員 後藤 文彦  
 東北大学工学部 正 員 岩熊 哲夫

## 1. はじめに

景観設計の重要性が新たに認識されてきているなか、様々な構造景観論が論じられているが、公共性が非常に強い橋梁に関しては“風景全体の中での景観”が重要だと考えられる。そこで本研究は、橋と周辺環境との形状の相関性を、畳み込み積分（ウェーブレット変換）を用いて客観的に抽出する手法を提案する。アンケートにより抽出される集団主観との比較等は特に行わず、あくまでも定量的な指標を用いて、対象とした画像の相対比較を試みる。

## 2. 解析手法

解析対象は、ある二次元に投影された橋梁と景色（橋梁ぬきの風景）の輪郭線とする。図-1に示すような橋の輪郭線  $\psi(x-b)$  を、 $b$  の値を変化させることにより、景色の輪郭線  $f(x)$  の左側から右方向に移動させる。その際、各  $b$  において畳み込み積分を行ない、ウェーブレット関数  $W(b)$  の値を算出する。 $W(b)$  は

$$W(b) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x-b)f(x)dx$$

と定義する。また、マザーウェーブレットである橋は

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x)dx = 0$$

となる条件を満足させる必要がある。

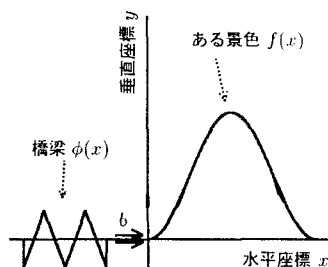


図-1 畳み込み積分法

## 3. 指標の提案

ウェーブレット関数  $W(b)$  の波立ちの大きさは、 $\psi(x)$  が  $f(x)$  に局在する大きさを表わしているものと考えられる。したがって、この“局在性”を示す指標として、以下の2つを提案する。

$$\text{局在値 } Pe = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2}, \quad \text{相関率 } Rp = \frac{\text{正の } W_i \text{ のデータ数}}{W_i \text{ の全データ数 } n} \times 100(\%)$$

扱う画像データは、スケッチ等から取り入れた離散データ（データ数  $n$ ）であり、 $W_i$  の値は随時算出できる。局在値  $Pe$  は  $W(b)$  の正負を問わずその振幅の大きさを表わし、標準偏差に相当する。 $\psi(x)$  の周波数及び振幅の正負の方向が、部分的に  $f(x)$  のそれと一致するとき、その点における「畳み込み  $\psi * f$ 」は正の分布を、またその「積分値  $\int (\psi * f) dx$ 」も正の値をとる。一方、周波数が等しくても振幅の方向が逆であれば、その積及び積分値はともに負となる。つまり  $W(b) > 0$  を示す区間は、 $\psi(x)$  と  $f(x)$  の一部分との周期的類似性を表わし、「相関率  $Rp$ 」は全区間に対する  $W(b) > 0$  区間の占める割合（%）をあらわす。

2つの指標、「局在値  $Pe$ 」と「相関率  $Rp$ 」を同時に考慮することにより、 $W(b)$  の正の波立ち（局在性）の‘大きさ’と‘割合’を同時に考察することもできそうだ。

## 4. 解析結果および考察

複数の山並みや谷間から構成される景色について解析を行なう。解析サンプルとして用いる図-2～図-5は、杉山俊幸らが文献<sup>1)</sup>で用いたものとほぼ同じ図柄のものを使用する。同じ景色に幾つかの異なった形状の橋梁を架けたものである。橋[A]～橋[D]はそれぞれ上路アーチ橋（垂直部材：長）、上路アーチ橋（垂直部材：短）、桁橋、トラス橋の4種類である。

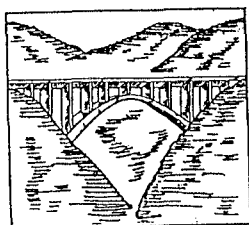


図-2 橋[A]

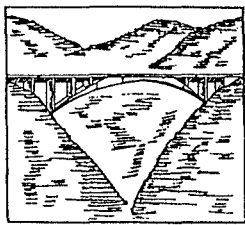


図-3 橋[B]

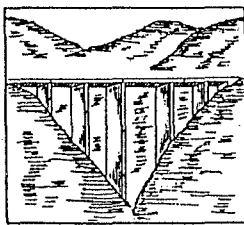


図-4 橋[C]

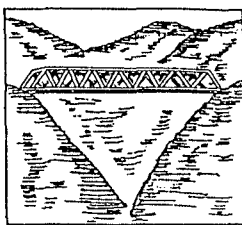


図-5 橋[D]

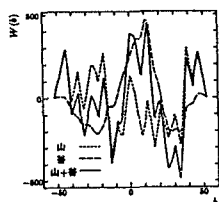


図-6 橋[A]  $W(b)$  分布

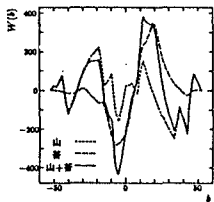


図-7 橋[B]  $W(b)$  分布

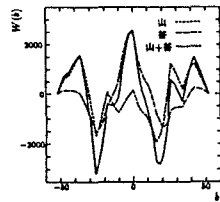


図-8 橋[C]  $W(b)$  分布

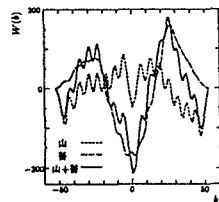


図-9 橋[D]  $W(b)$  分布

表-1 各解析例の指標値

|          | a 合成  | b 合成  | c 合成   | d 合成  |
|----------|-------|-------|--------|-------|
| 局在値 $Pe$ | 221.8 | 181.0 | 1384.9 | 86.78 |
| 相関率 $Rp$ | 49.57 | 53.01 | 57.88  | 49.00 |

解析方法として、まず山並みと谷間の2本の抽出線  $f_{山}(x)$ ,  $f_{谷}(x)$  に対して、別々に橋梁の抽出線  $\psi(x)$  による畳み込み積分を行なう。そうして算出された2本のウェーブレット関数曲線を単純に水平位置を揃え、足し合わせることで1本のウェーブレット関数  $W_{合成}(b)$  を求める。本解析では、この曲線を定量化された「景観の全体形」として扱う。図-6～図-9にそれぞれのウェーブレット関数の分布図を示す。ちなみに  $b=0$  における橋  $\psi(x)$  の位置は元のスケッチ図の状態である。またこれらの分布図を元に算出された「景観の全体形」の指標を表-1に示した。

$W(b)$  関数分布の振幅の大きさや向きは、それぞれ4つのグラフで違いをみせるが、 $b=0$  地点の付近の振幅が比較的最も大きい。[C]の橋梁の振幅は他の3つより極端に大きいため、[C]の  $W(b)$  も他よりオーダーが違うほど振幅が大きくなる。[D]はトラス橋の解析例なので、 $\psi_D(x)$  の高周波数が  $W(b)$  にも反映され、細かい振動を生じさせる。[A]と[B]は、ともにアーチ橋であるが、 $\psi(x)$  の振幅の大きさ、及び周波数の違いから、[A]の  $W(b)$  がより高周波数成分を含んでいるような分布となる。

表-1に記した4つの指標をもとに、これらの画像の特徴を考察してみる。解析例[C]の局在値  $Pe$  が、 $Pe=1384.9$  と際立って高い数値を示しているが、同時に相関率  $Rp=57.88$  も一番高い値を示している。したがって、ただ単に  $\psi_D(x)$  の振幅が大きだけでなく、この景色に“正の局在性”を多く含んでいるのわかる。逆に[D]は、局在値  $Pe=86.78$  は低く、相関率  $Rp=49.00$  と比較的低いので、高周波成分が多いとはいえ“正の局在性”は小さいと考えられる。また[A]は、局在値  $Pe=221.8$  と比較的高いことから局在性を多く含んでおり、同時に相関率  $Rp=49.57$  と正負の割合がほぼ半々であることがわかる。

## 5. あとがき

畳み込み積分を用いることで、橋梁が周辺景色に局在する様を客観的に抽出し、定量的な指標で表わすことができた。但し本手法は、景観形状のある図形的特徴を客観的に比較する道具の一例を提案したものにすぎず、大衆主観を反映したものではなければ、設計形態を唯一に規定するものでもない。

## 参考文献

- 1) 杉山 俊幸ら：サイコベクトルを用いた橋梁景観の定量化評価，構造工学論文集，Vol.35A,1989.3,
- 2) 榎原 進：ウェーブレットビギナーズガイド，数理科学セミナー，東京電気大学出版局，1995，