I－A279

畳み込み積分を用いた構造景観の定量化手法

横河ブリッジ(株)　○正　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(ウェーヴレット変換)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なわず，あくまでも定量的な指標を用いて，複数の画像の相対比較を試みる．

2. 解析手法

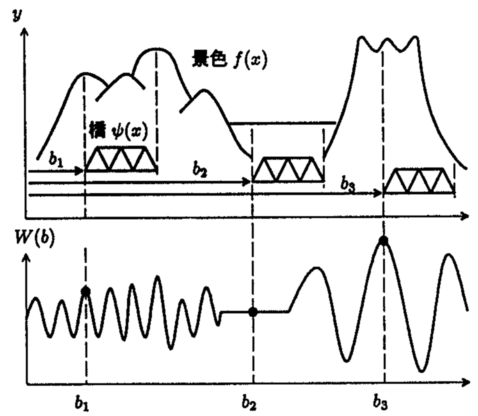
解析対象は，ある二次元に投影された橋梁と景色(橋梁ぬきの風景)の輪郭線とする．求めるウェーヴレット関数 $W(b)$ の値は

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

と定義し，またマザーウェーヴレットである橋は

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

となる条件を満足させる必要がある．**図–1** に示すように，各水平移動地点 b_i における橋の輪郭線 $\psi(x-b)$ と景色 $f(x)$ との畳み込み積分を行ない，算出された $W(b)$ 値をグラフにプロットする．この作業を繰り返し，1本の $W(b)$ 曲線を求める．



図–1　畳み込み積分法

3. 指標の提案

ウェーヴレット関数 $W(b)$ の波立ちの大きさは，$\psi(x)$ が $f(x)$ に局所的に類似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“局所的類似性”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，スケッチ等から抽出した離散データ(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．$\psi(x)$ の周波数及び変位の正負の方向が，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 $\int(\psi * f)\,\mathrm{dx}$」も正の値をとる．一方，周波数が等しくても変位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(局所的類似性)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[1)]で用いたものとほぼ同じ図柄のものを使用する．これは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．

Key Words: 景観設計，定量化，畳み込み積分，ウェーヴレット変換，指標
〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻構造強度学研究室 (022-217-7443, Fax 022-217-7441)

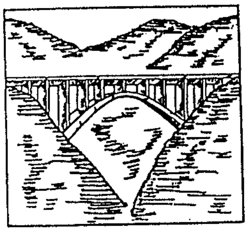


図-2 アーチ橋 [A]

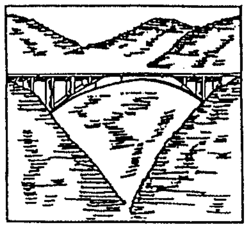


図-3 アーチ橋 [B]

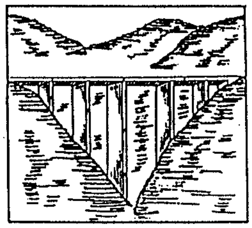


図-4 桁橋 [C]

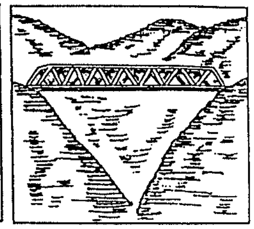


図-5 トラス橋 [D]

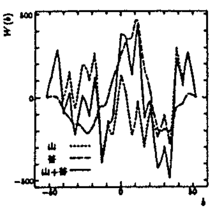


図-6 橋 [A] $W(b)$ 分布

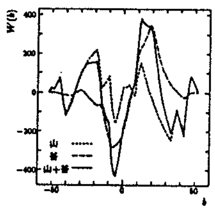


図-7 橋 [B] $W(b)$ 分布

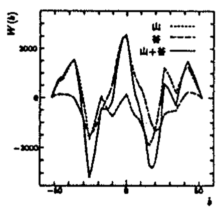


図-8 橋 [C] $W(b)$ 分布

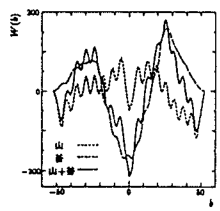


図-9 橋 [D] $W(b)$ 分布

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 本のウェーヴレット関数曲線を単純に水平位置を揃え，足し合わせることにより 1 本のウェーヴレット関数 $W_{合成}(b)$ 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ヴ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．

$W(b)$ 関数分布の正負の向きや大きさは，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，$\psi_D(x)$ の高周波成分が $W(b)$ 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 $\psi_C(x)$ の振幅が大きいだけでなく，この景色に“局所的類似性”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“局所的類似性”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所的類似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所的に類似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もなければ，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) 榊原 進：ウェーヴ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