

ファジィ積分を用いた橋梁の景観評価に関する研究*

A Study on the Landscape Evaluation of Bridge using Fuzzy Integral *

中野 和幸**・加賀屋 誠一****・内田 賢悦*****・萩原 亨*****

By Kazuyuki NAKANO**・Seiichi KAGAYA****・Kenetsu Uchida*****・Toru HAGIWARA*****

1. 本研究の背景

高度経済成長時代、土木構造物に求められたものは、直接的な機能に重点をおいた役割であった。しかし人々のアメニティへの関心の高まりから、現在ではそのような機能だけでなく、多様な役割が求められている。「景観」は、そのような役割の中でも最も重要なものの1つであり、評価に関して多くの検討が行われてきている。

構造物の景観は一部の設計者に委ねられているが、その景観を評価するのはその他大勢の人々である。よって、景観評価に対する共通ステージを構築することは、今後の土木構造物の美観を考える意味で必要不可欠である。

2. 本研究の目的

本研究では、土木構造物を含む景観において、土木構造物とそれを取りまく景観構成要素との関連性を明らかにすること、またその景観に最適な土木構造物を選択する方法を構築することを目的とする。ここではファジィ測度・ファジィ積分を用いた景観評価手法を提案する。ファジィ測度は景観構成要素間の影響による主観を忠実に再現できる。ファジィ積分はその測度を応用し、加法性を持たない相乗性・相殺性を考慮した総合評価の手法である。土木構造物としては橋梁を取り上げた。橋梁の形態としてアーチ橋・トラス橋・けた橋・斜張橋・斜張橋を考えた。またそれを取りまく背景要素として、河川（河川敷）・ビル・山の3つを取り上げた。橋梁と河川（河川敷）・山・ビルの要素で構成されている景観が一般的である

*キーワード：景観，計画手法論，ファジィ積分

学生員，*フェロー，****正員，*****正員，

北海道大学大学院工学研究科（北海道札幌市北区北13条西8丁目，

TEL011-706-6212，FAX011-706-6211）

ため、これを組み合わせ、5つの代替案とした。

3. ファジィ積分

(1) ファジィ重視度

ファジィ重視度とは総合評価を行う際、各要素あるいは要素の組み合わせ効果をどの程度重視しているかを表す度合いのことである。ここではファジィ測度としてファジィ重視度を用いる。ファジィ測度は非加法的な測度であり、2つ以上の集合の測度が各集合の測度の単純な和よりも大きくなるとき、相乗関係にあり、小さくなるときは相殺関係にあると考えられる。ファジィ測度を用いるためには単調性を満たすことが必要である。単調性とは「集合Aが集合Bの部分集合ならば、Aの測度はBの測度よりも小さい」という測度に関する最も緩い条件である。確率測度のような加法性は、この概念に内包される。

(2) ファジィ積分

ファジィ積分とは、ファジィ測度を利用することで、複数の要素を持つようなものを総合評価するための手法である。ファジィ積分の手法の一つにショケ積分がある。ショケ積分は各要素をファジィ測度によって重み付けし、各評価の和を求め総合評価を求める手法である。本研究ではこのショケ積分を適用している。

4. 実験

(1) 実験の概略と目的

実験1は景観構成要素の調和に着目したファジィ重視度を求めるものである。実験2はスライドに映した橋梁を含む景観写真を用い、各景観構成要素に点数付けを行うものである。この点数と実験1のファジィ測度を用いて、ショケ積分を行い、

各橋梁の写真に対する総合評価値を算出する。

ファジィ重視度から各要素間の関連性を明らかにすることと、総合評価値の順位から橋・川・ビル・山という景観構成に最も適した橋梁を明らかにすることが本実験の目的である。

(2)被験者について

本実験は北海道大学工学部の学生 82 人を対象に行った。また、実験 1 のみ橋梁設計者 7 人も対象とした。

(3)実験 1 の内容

まず被験者に、川・ビル・山を含む景観の中に橋梁を設計することを想像してもらった。先入観を与えぬよう写真、絵は用いていない。そこで設計者の視点に立って、橋・川・ビル・山という景観構成要素とそれらの組み合わせの調和に着目した重視度を点数付けしてもらった。前提条件として、橋・川・ビル・山という全ての要素が調和した状態が最良であり、その景観に 1.0 という点数を与えることにした。具体的に、図 1 に示す流れで点数付けをしてもらった。この点数がファジィ重視度となる。ここでは単調性を満たすため、多くの要素が調和した方が景観的に良いものになるという観点から、矢印が下にいくにつれ、点数は下がっていくという条件を付加した。よって

(矢印の始点の点数) (矢印の終点の点数)
という関係が成り立つ。

(4)実験 2 の内容

ここではPhotoshopで作成した 5 枚のモンタージュ写真をスライドに映して、各写真の中の橋・川・ビル・山とその組み合わせに対して点数付けをしてもらった。使用した橋梁は、それぞれの形が最もわかりやすいと考えられる角度から撮影したものである。また、川・ビル・山も橋梁の大きさや向きと揃うように撮影した。写真内では橋梁だけ変化させ、川・ビル・山は同じ条件のものを使用し、モンタージュ写真による代替案を作成した (写真 1 ~ 5)。また採点方法に関しては、各要素の調和の良し悪しの度合いによって、図 2 に示す採点基準を用いて行った。

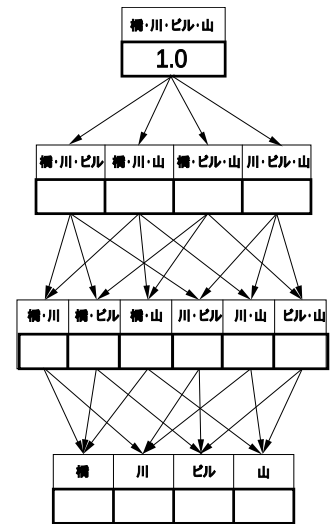


図 1 ファジィ重視度決定法



写真 1 アーチ橋



写真 2 トラス



写真 3 けた橋



写真 4 斜張橋



写真 5 斜張橋

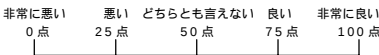


図 2 採点基準

5. 実験結果

(1) 実験 1 の結果

被験者から得たファジィ重視度の平均と分散を表 1 に示す。図 3 は学生と橋梁設計者のファジィ重視度の平均を比較したものである。

(2) 実験 1 の考察

学生と橋梁設計者のファジィ重視度の平均（図 3）を見ると、両者とも全ての要素間の関係が相殺となっていることが明らかになった。ここで相殺関係とは、ある要素 A、B があり、そのファジィ重視度をそれぞれ $g(A)$ 、 $g(B)$ 、その集合のファジィ測度を $g(A, B)$ としたとき、

$$g(A) + g(B) > g(A, B)$$

が成り立つような A と B の関係を言う。ここで両者とも相殺関係になったのは、要素の個々の重視度が高く、2 つ以上の組み合わせの重視度が低いためである。つまり、個々が相互の関係により景観を引き立てるのではなく、むしろ魅力を低減していると考えることができる。また個々で見ると、学生が「橋」を含む項目を重視しているのに対して、橋梁設計者は「橋」よりも「川」、「山」を含む項目を重視している傾向がある。これは、橋梁設計者が橋梁より自然の要素を重視している結果と言える。

実験方法の信頼性確認のため、逆方向の流れによる評価をしてもらい、相互の差を比較した。ここでは実験 1 とは別に北海道大学工学部の学生 46 人を対象とし、上限を決めない方法（図 4）でファジィ重視度を決定してもらった。2 つの手法で求めたファジィ重視度に対して t 検定を行ったところ、ほぼ有意差は認められなかった。またファジィ測度の平均（表 2）を見ると、全ての要素間の関係が相殺となっていることがわかる。よって実験 1 の方法で、ある程度人の主観を正確に表現することができたといえる。

(3) 実験 2 の結果

実験 1 で得られた学生と橋梁設計者のファジィ重視度と実験 2 で得られたデータ（図 5）から、個人ごとにショケ積分を行い、総合評価値を算出した（図 6）。つまりこの評価値は、学生と設計者

表 1 ファジィ重視度の平均と分散

	学生		橋梁設計者	
	平均	分散	平均	分散
橋・川・ビル・山	1.000	0.000	1.000	0.000
橋・川・ビル	0.878	0.014	0.740	0.023
橋・川・山	0.864	0.019	0.880	0.007
橋・ビル・山	0.733	0.025	0.580	0.007
川・ビル・山	0.641	0.035	0.820	0.012
橋・川	0.767	0.019	0.640	0.053
橋・ビル	0.656	0.023	0.400	0.015
橋・山	0.620	0.030	0.480	0.002
川・ビル	0.514	0.028	0.520	0.007
川・山	0.548	0.043	0.700	0.030
ビル・山	0.464	0.032	0.440	0.008
橋	0.555	0.024	0.280	0.022
川	0.447	0.031	0.440	0.013
ビル	0.375	0.032	0.240	0.008
山	0.373	0.037	0.380	0.007

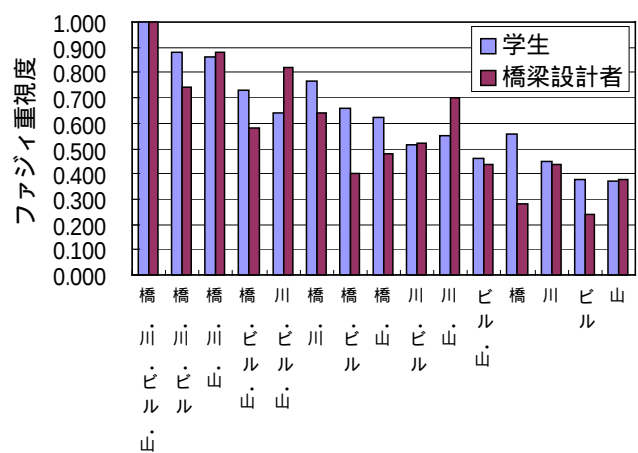


図 3 ファジィ重視度の平均

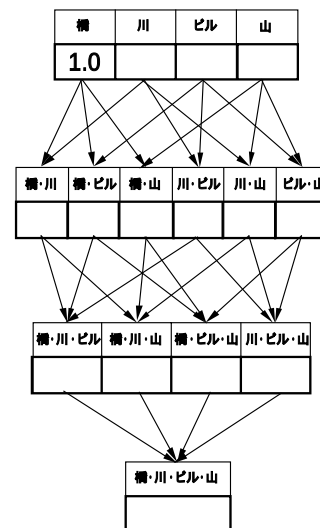


図 4 上限を決めないファジィ重視度決定

にとって橋梁を設計する上で最も良いと考えた要素の調和のバランスと、調和に着目した点数から算出された値である。したがって、各写真内の調和を総合的に点数化したものといえる。

(4)実験 2 の考察

各要素の平均点（図 5）を見ると、「橋」はその形状の違いにより、大きく点数が変化していることがわかる。それに比べ背景要素は点数の変化が小さい。全ての写真内において、「ビル」は低い点数を示した。これはこの要素の橋梁景観における注目の低さを表している。逆に「川」、「山」は高い点数を示し、これらの要素への注目が高いことを表している。

また総合評価値（図 6）を見ると、斜張橋、けた橋、アーチ橋が高い評価を得ていることが分かる。橋梁の形態による学生の総合評価値の変化は、図 5 の「橋」の変化とほぼ同じである。これは学生の「橋」のファジィ重視度が高いことが原因である。同様に橋梁設計者の総合評価値の変化を見ると、学生に比べ変化が小さいことがわかる。橋梁設計者の「橋」のファジィ重視度が低く、「川」と「山」のファジィ重視度が高いことが原因である。

6. まとめと今後の課題

「橋梁の景観評価」という観点から「橋」の影響が大きい斜張橋、けた橋の景観について考察を行う。

実験 1 の結果として、全ての要素の組み合わせが相殺関係であることが明らかになり、各景観構成要素が持っているポテンシャルの和ほど全体の良さが評価されていない。

写真 3, 4 を見て分かるように、斜張橋 とけた橋はその形状がシンプルで、景観を構成する各要素を邪魔しないような橋梁であることが分かる。つまり、構造物と背景との関係は異質的要素による相殺性が大きな影響を及ぼしており、その結果相殺性が少ないケースが、高い評価値を得たと考えられる。ここで導入した橋梁では、斜張橋・けた橋が、相対的に見て良い構造物になっていることがわかった。

今後の課題として、撮影角度、景観構成要素の組み合わせのバリエーションを増やしていきたい。また、構造物と他の景観構成要素の間に相殺性のみ計測されたが、相乗性をもつ構造物の存在についても確認する調査を進めていきたい。

表 2 ファジィ重視度の平均と分散（逆方向）

	学生	
	平均	分散
橋・川・ビル・山	1.000	0.000
橋・川・ビル	0.787	0.012
橋・川・山	0.798	0.019
橋・ビル・山	0.691	0.010
川・ビル・山	0.592	0.017
橋・川	0.611	0.018
橋・ビル	0.530	0.023
橋・山	0.513	0.016
川・ビル	0.453	0.023
川・山	0.486	0.019
ビル・山	0.401	0.017
橋	0.396	0.024
川	0.359	0.023
ビル	0.271	0.020
山	0.271	0.015

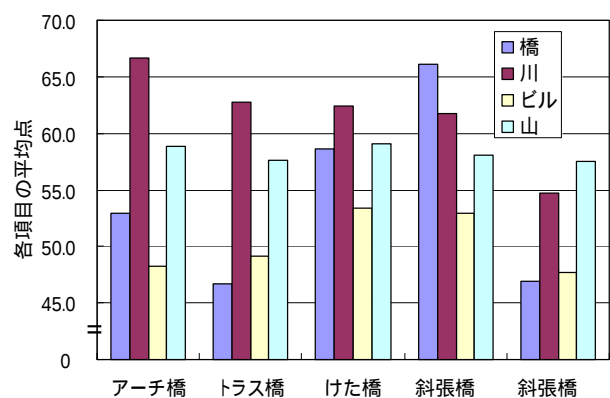


図 5 各要素の平均点

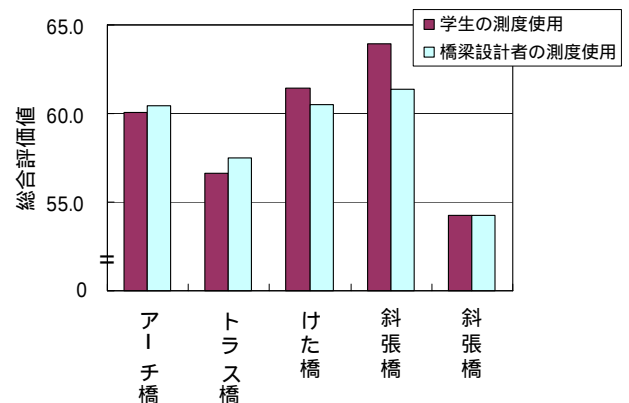


図 6 総合評価値の比較

参考文献

- 1) 中島信行、竹田英二、石井博昭 共著：
「ファジィ理論入門」、裳華房
- 2) web ページ「Soft Computing lab.」
<http://kyu.pobox.ne.jp/softcomputing/>
- 3) web ページ「ファジィ積分計算 WEB」
<http://www.senshu-u.ac.jp/~thc0456/fuzzyweb.html>