

関西大学総合情報学部 正会員 古田 均
 中林建設(株) 正会員○藤田靖司
 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

近年, 多くの分野において, ものに対する考え方が機能・実用主義から, 実用性と視覚的適合性を合わせもった合目的主義へと変貌しつつある。これは, 土木分野においても無視できない事実となっている。とりわけ, 美的な価値が要求され, 景観が重視される橋梁においては, さらなるその向上が必要である。橋梁の景観設計を支援できる簡易なシステムがあれば, 非常に有益で, 橋梁景観に対する関心もさらに高まることであろう。

2. 設計対象

建設される機会が比較的多い中小規模の桁橋, たとえば, 3 径間の連続桁橋 (全長150m, 支間50mの規模) を対象に, 主桁と高欄の色彩, および, 主桁と橋脚の形状に注目した景観設計支援システムを構築する。主桁と高欄の色彩は, 一般に使用されるもののほかに, 色相とトーンが一樣に分布する44色を仮定した。主桁の形状には等断面と変断面 (4 種類) を, 橋脚のそれにはデザイナーの設計による個性的なものを省いた14種類を仮定した。

3. 景観設計支援システムの概要

本システムの手順は, 次のとおりである。

- (1) 計画する橋梁の路面高の高低と幅員の大小, 橋梁景観に対するコンセプトを入力する。これらは設計者がシステムに用意されたものの中から選択するようにした。また, 設計者は周辺環境と主桁との面積比も入力する。
- (2) 初期生物集団 (多数の景観案) を乱数で発生させ, 個々の生物が有する遺伝子列と景観設計の対象となる要素, すなわち, 景観構成アイテム (主桁と高欄の色彩, および, 主桁と橋脚の形状) とを対応させる。
- (3) 遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) の改良型で, 多目的GAの一種であるパレート保存戦略によって最適な景観案を探索する。その探索過程には, ①形容詞対による評価ルール, ②コンセプトの満足度を求めるファジィ推論ルール, ③主桁・高欄の色彩と周辺の色彩との調和度を求めるための色彩調和論を用いた。
- (4) 最後に, 複数の最適な景観案が提示され, 設計者がその中から最終の景観案を選択することになる。

3.1 コンセプトの設定

現実の設計では, 橋梁景観のコンセプトの設定から始められる。ここでは, Table 1に示すコンセプトとTable 2に挙げる周辺環境をシステムに用意した。

Table 1 選択するコンセプト

周辺との調和
シンボル性
個性的
信頼感
親しみやすさ
風格のある
美しさ

3.2 パレート保存戦略

多目的最適化問題の解法にGAを適用する場合, 従来では, 2つ以上の目的関数を何らかの数学的手段で1つの目的関数に置き換え, その最適

Table 2 選択する周辺環境

晴天	曇り空
緑山	紅葉
海	川
住宅	ビル
白雲	岩, 土

解を探索した。しかし, 多目的最適化問題の本質は, 目的関数の間に存在するトレード・オフの関係をバランスさせ, いかに最適解を選び出すかにある。

パレート保存戦略なる方法は, 「交叉」と「突然変異」のプロセスで得られた個体 (景観案) を目的関数ごとに評価し, 目的関数間に存在するトレード・オフの関係をバランスさせながら個体群の中からパレート最適個体を生成する方法である。その際, パレート最適個体の数が元の個体群の数よりも多ければ「シェアリング」の処理が, 少なければ「並列選択」の処理が施され, 元の個体群と同数の個体群が次世代に受け継がれる。それゆえ, 目的関数間に存在するトレード・オフの関係を保ちながら最適解が求められ, 解に多様性と広範な分布が備わることになる。

3.3 評価ルールの設定

最終の景観案は, 桁橋の景観構成アイテムの組合せで与えられる。そこで, 4 種類の景観構成アイテムが人に及ぼすイメージの強弱によってそれに得点を与えた。アイテムと結び付けるイメージとして, Table 3に示す16個の形容詞対を用意した。色彩には, それを客観的かつ定量的に扱うことのできるマンセル値を用い, 文献1)を参考に, 形状のイメージには, 文献2)を参照に, それぞれ得点付けした。

景観案が選択したコンセプトをどの程度満足しているかを評価するため, 簡略化ファジィ推論を用いた。これは,

景観のように極めて曖昧な問題を取り扱うのに簡略化ファジィ推論が適しているからである。その結果、曖昧さと妥当性をその評価にもたせることができる。

3.4 色彩調和

主桁と高欄、および、Table 2に示す周辺の色彩をいずれも文献1)を参考にマンセル値で定量化した。橋梁と周辺との調和は、ムーンとスペンサーの色彩調和論に基づく美度

M=O/C;

によって評価した。ここに、Oは秩序、Cは複雑さで、

C= (色数) + (色相差のある色対の数) + (明度差のある色対の数) + (彩度差のある色対の数)

で与えられる。

ある色彩の配色面積がAであるとすると、その色彩のスクラモーメントは

S= A√C^2 + 64(V-5)^2

で与えられる。ただし、C、Vはそれぞれマンセル彩度値、明度値である。

面積の効果を考慮して美度を求める場合、色対のスクラモーメントが1:1のとき+1.0を、1:2なら+0.5を、1:3であれば+0.25を秩序Oに加える。この方法で求められた美度Mが大きいほどその配色は調和しているとされる。

4. 景観設計支援システムの適用

景観設計のコンセプトと周辺の環境をTable 4のように設定し、仮想した橋梁に本システムを適用する。ここに、GAの固有なパラメータとして、「個体数」を20、「交叉」と「突然変異」の生起確率をそれぞれ0.6、0.05、「シェアリング」に用いるニッチの大きさを表すパラメータを0.2、「世代数」を最大で1,000世代と設定した。

Fig.1は最終の世代（1,000世代）に得られたパレート最適個体の分布図である。『周辺との調和』と『親

Table 3 用意した形容詞対

1	派手な ⇔ 地味な
2	明るい ⇔ 暗い
3	暖かい ⇔ 寒い
4	華やかな ⇔ 渋い
5	軽快な ⇔ 重厚な
6	安定感のある ⇔ 安定感のない
7	刺激的な ⇔ 温和的な
8	ソフトな ⇔ ハードな
9	モダンな ⇔ アンティークな
10	新鮮な ⇔ 陳腐な
11	動的な ⇔ 静的な
12	シンプルな ⇔ 複雑な
13	力強い ⇔ 弱々しい
14	固い ⇔ 柔らかい
15	統一感のある ⇔ 統一感のない
16	開放的な ⇔ 圧迫感のある

しみやすさ』という2つのコンセプト間に内在するトレード・オフの関係がどのように成り立っているかを図中の個体分布から容易に理解できる。このように多目的最適化問題におけるト

レード・オフの関係が把握できれば、最終の景観案をスムーズに、そして効率よく選定できる。Fig.1に示す①、②、③の景観案の具体的な内容は、Table 5のようである。

Table 4 計画する橋梁景観

路面高	高い
幅員	広い
コンセプト	周辺との調和
	親しみやすさ
周辺環境	晴天（面積比=3）
	緑山（面積比=6）

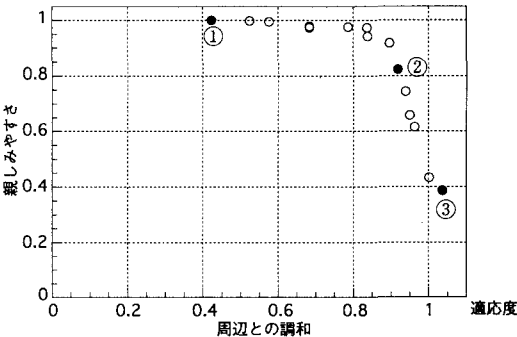


Fig.1 最終世代における個体の分布

5. まとめ

パレート保存戦略による本法は、多目的最適化問題の本質であるトレード・オフの関係をうまく満足した解を探索しており、設計者が対話形式で最終の景観案を決定することができる効率的な支援システムであることがわかった。

また、曖昧さと人の判断力を兼ね備えたファジィ推論によって、人の感性と強い相関にある景観を評価することは、非常に有効であった。

参考文献

- 1) 日本色彩学会：新編色彩科学ハンドブック，東京大学出版，1980-2.
- 2) 橋（BRIDGE IN JAPAN），土木学会，1993-1994.
- 3) 近藤恒夫：景観色彩学－醜彩から美観へ－，理工図書，1986-6.

Table 5 提示された景観案

景観案	主桁の色彩	高欄の色彩	橋脚形状	主桁形状	適応度	
					周辺との調和	親しみやすさ
①	肌色	サーモンピンク	d	変断面（急激）	0.423	1.000
②	ビーチ	えんじ	a	変断面（急激）	0.917	0.823
③	紅色	紅色	a	変断面（急激）	1.036	0.386