

1. まえがき

土木構造物の設計分野では、今日、仕様設計から性能設計への移行が模索されつつある。その結果、設計の自由度が広められ、設計者には、社会の変化を読みとり、それを設計に反映させることのできる高度な技術と知識が要求される。

ところで、景観設計業務は、多分に曖昧さを含み、多くの時間と労力を必要とする。本研究では、このような課題が少しでもスムーズに解決できるように橋梁の景観設計を支援できるシステムを構築する。

2. 景観設計の対象橋梁

本支援システムは、橋梁設計技術者が単独で設計する機会が多く、わが国の橋梁の大半を占める中小規模の桁橋を対象とした。すなわち、スパンが50m程度の3径間連続鉄桁橋で、その主桁と高欄の色彩、および、主桁・橋脚・高欄の形状に注目した。色彩には、橋梁の塗装に使用される頻度の多い色彩を含めて、色相とトーンが一樣に分布するように64色を仮定した。形状として、主桁には等断面と変断面（4種類）を、橋脚にはデザイナーの設計による個性的なものを省いた16種を、高欄には採用の機会が多い5種を仮定した。

3. 景観設計支援システムの構築

3.1 システムの概要

(1) 初期値の決定

新設橋の景観設計を行う場合には、①計画する橋梁の路面高と路面幅、②橋梁景観に要求されるコンセプト、③橋梁と周辺の面積、を入力する。一方、既設橋を対象とする場合には、①色彩と形状の現況、②橋梁景観に要求されるコンセプト、③橋梁と周辺の面積、を入力する。

(2) 最適景観案の探索

(1)で設定した条件のもとに最適な景観案を探索する。探索手法には、「中立進化説に基づく遺伝的アルゴリズム」と「パレート保存戦略」を用いた。

(3) 最適景観案の提示

色彩と形状が異なる複数の景観案を設計技術者に提示し、景観案の決定がスムーズに行えるようにした。

また、設計技術者が簡便に利用できるよう、パソコ

ンをベースとし、対話型の入力方式を採用した。

3.2 コンセプトと周辺環境の設定

橋梁の景観設計を行う場合、表-1 用意したコンセプト

景観設計に必要なコンセプト

と橋梁の周辺環境を勘案する。

そこで、表-1と表-2に示す

6個のコンセプトと9つの周辺環境を考えた。

3.3 景観評価¹⁾

(1) 周辺との色彩調和

橋梁の色彩が周辺の風景とどの程度調和しているかを評価するため、ムーン・スペンサーの色彩調和論を用いた。

ただし、その評価値が基準値

(ここでは0.5とする)以上の景観案を最終案とした。

(2) 景観構成アイテムの評価ルール

色彩と形状による橋梁の景観イメージを評価するため、表-3に示す18個の形容詞対と景観構成アイテムとを結びつけた。

(3) 橋梁景観のコンセプトに対する満足度の算定

景観案のコンセプトに対する満足度の算定には、演算が容易で、推論結果の良好な簡略化ファジィ推論を用いた。

3.4 遺伝的アルゴリズムの適用^{2),3)}

(1) 遺伝子のコーディング

「中立進化説に基づく遺伝的アルゴリズム」を適用するにあたり、遺伝子をつぎのようにコーディングした。すなわち、

$$strings = \{P_i | i=1, \dots, m\} \quad (1)$$

$$P_i = \{v_j | j=1, \dots, n\} \quad (2)$$

表-3 形容詞対

1	派手な	⇔	地味な	10	新鮮な	⇔	陳腐な
2	明るい	⇔	暗い	11	動的な	⇔	静的な
3	暖かい	⇔	冷たい	12	調和	⇔	不調和
4	華やか	⇔	渋い	13	単純な	⇔	複雑な
5	重厚な	⇔	軽快な	14	力強い	⇔	弱い
6	安定な	⇔	不安定な	15	固い	⇔	柔らかい
7	刺激的な	⇔	温和的な	16	統一感のある	⇔	統一感のない
8	ソフトな	⇔	ハードな	17	開放感	⇔	圧迫感
9	現代的な	⇔	古典的な	18	連続感がある	⇔	連続感がない

P : 遺伝子の部分集合

v : 遺伝子のビット数

(2) 遺伝子列と景観構成アイテムとの対応

90種の景観構成アイテムを「0」と「1」の並びで表現した。ただし、景観構成アイテムと対応する遺伝子は、それぞれの部分集合 P_i での遺伝子 v_i である。

(3) 遺伝子操作

すべての遺伝子 v_i に対して交叉と一点突然変異の遺伝子操作を行う。また、重複、欠失、逆位の遺伝子操作を遺伝子の部分集合 P_i に対して行う。

(4) パレート保存戦略

パレート保存戦略とは、パレート最適解の概念で求めたパレート最適解集合を次世代に強制的に残す手法である。ただし、GAの「淘汰」には、パレート最適解の数が初期生物の数より少なければ「並列選択」の、逆に多ければ「シェアリング」の操作を用いた。

4. 景観設計支援システムの桁橋への適用

4.1 初期値の設定

ここでは、既設橋の再塗装時での色彩景観を考えた。対象橋梁は、図-1の北川5号橋（宮崎県、橋種：連続鈑桁橋、全長：105.1m）である。主桁の色彩は「ターコイズブルー」、高欄のそれは「スノーホワイト」と、写真から判断した。橋梁の周辺の面積は、主桁の面積（これを1.0とする）に対し、「緑山」の部分が23.0、「川、海」の部分が6.6、「岩、土」の部分が1.8である。色彩景観のコンセプトを『シンボル性』と『親しみやすさ』とした。

4.2 最適な景観案

4.1の条件のもとに景観案を探索したところ、図-2のようなパレート最適解集合を得た。ここに、縦軸と横軸はそれぞれ『シンボル性』と『親しみやすさ』のコンセプトに対する適応度である。ちなみに、適応度が高いほど、景観案が選択されたコンセプトを満足していることになる。図示された例のように、パレート最適解がほぼ一様に分布しておれば、設計者はパレート最適解集合の中から最終景観案をスムーズに決定できる。

つぎに、既設橋の景観を評価した。その結果、表-4を得た。同表には、図-2に示す①、②、③の景観案を示す。ここに、パークホフの美度値とは、ムーン・スペンサーの色彩調和論に基づいて求めた評価値のことである。同表から明らかなように、コンセプトに『シ

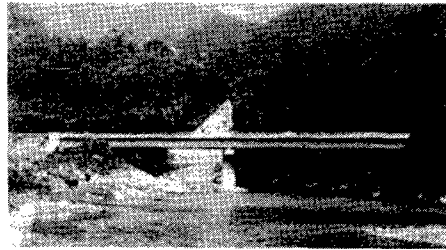


図-1 対象とする橋梁

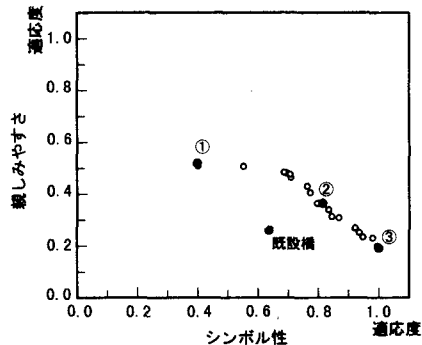


図-2 パレート最適解の分布

表-4 既設橋の評価と『シンボル性』と『親しみやすさ』のコンセプトに対する景観案

(a) 既設橋の評価			
パークホフ の美度値	適応度		
	シンボル性	親しみやすさ	
0.652	0.632	0.260	

景観案	色彩		パークホフ の美度値
	主桁	高欄	
①	肌色	松葉色	0.643
②	サーモンピンク	クロムイエロー	0.535
③	クロムイエロー	山吹色	0.687

ンボル性』が求められた景観案①の美度値は既設のそれよりも高い。本支援システムで探索した景観案は、橋梁に『シンボル性』を求めても周辺との調和を崩さない案であることがわかった。

5. まとめ

本支援システムを既設橋の色彩景観設計に適用した。探索で得られた景観案は、周辺環境と調和し、かつコンセプトを満足していた。「中立進化説に基づく遺伝的アルゴリズム」と「パレート保存戦略」に基づけば、コンセプト間に生じるトレード・オフの関係を巧みにバランスさせながら、速やかに多様な解を求めることができる。

参考文献

- 1) 日本色彩学会編：新編色彩科学ハンドブック，東京大学出版，1980-2.
- 2) 大倉・上田：システム制御情報学会論文誌，Vol.8，No.6，1995.
- 3) 古田・藤田・堂垣：構造工学論文集，土木学会，Vol.45A，1999-3.