

遺伝的アルゴリズムを用いた斜張橋の ライトアップデザイン支援システムの構築

住友金属工業 正会員 利根川太郎 京都大学 正会員 渡邊 英一
京都大学 正会員 古田 均 建設技術研究所 正会員 森本 浩之

1.はじめに

橋梁の景観設計への関心の高まりとともに、橋梁技術者レベルでも扱える景観設計支援システムの作成が望まれている。橋梁の景観設計のプロセスは、必ずしも最良とはいえないまでも実用上十分に良好な案が、設計者の嗜好がある程度考慮しつつ導出されていくというものである。本研究では、遺伝的アルゴリズム（以下GAと略記）や、ニューラルネットワーク（以下NNと略記）がこのような要求に適していると考え、GAとNNを用いてシステムの構築を行った。GAは、近年組み合せ最適化の分野で注目されている生物の進化のプロセスを数理的にモデル化したものである。システム化にあたり、システムに景観評価に対する何らかの情報を与え、GAの評価関数を設定する必要があるが、評価基準の明確でない本研究のような問題に対して、評価関数を陽な形で記述することは困難であると考え、ネットワークの結合係数と層数などによって非線形なパターン判別が可能なNNを利用することを考えた。

本文では、斜張橋のライトアップデザインを対象としてシステムの有用性を示す。まず、景観を数種類のアイテムとカテゴリーに分類し、それらの組み合わせ例をコンピュータグラフィックス（以下CGと略記）によって描画し、SD(Semantic Differential)形容詞対を用いたアンケート調査を行った。そして、アンケートデータをNNに学習させることによって、GAを用いたシステムの評価部分に組み込むことを試みた。また、本システムで得られる最適景観案と、情報エントロピー理論を用いたルール抽出プログラムによって得られた結果との比較検討を行う。本研究の流れを図1に示す。

2.夜間景観のモデル化とアンケート用CGデータの作成

昼間の景観と違い夜間においては、照明を行うことによって橋梁を中心に景観が構成される。夜間景観は、照明された部分のみ視覚の対象となり、全体的な照度が昼間より低いので細部の材質や形状は全て隠されてしまい、構成要素の単純化がなされることや、投光色によってイメージを変化させることが可能であることなどの特徴をもつ。これらのことから、夜間の斜張橋の景観構成アイテムを主塔、ケーブル、主桁、およびそれぞれを投光する／しないで分類した。また投光色として、白、青、黄色、薄緑を考えた。したがって、それぞれの景観構成アイテムが表1のようなカテゴリーをもつものと考え、これらの任意の組み合わせによってアンケートに用いる画像をCGを用いて作成することを考えた。なお、フォトリアリスティックな夜間景観画像を生成する必要から、パソコン上では、処理速度やデータ量の負担が大きすぎると判断して、WorkStation IRIS 4D上で稼働するCGソフトウェアAlias（エリアスリサーチ製）を用いた。

3.アンケート調査結果の学習

アンケートは、60枚のCG画像に対して被験者（一般人22名、橋梁技術者6名）28名にSD調査を行った。図2にアンケートに用いた形容詞対を示す。景観構成

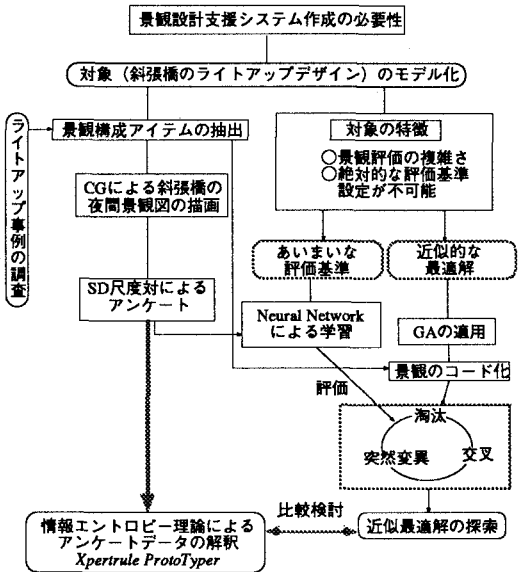


図1 本研究の流れ

表1 景観構成アイテム

アイテム	カテゴリー					
主塔形状	A形	H形	独立1本柱	逆Y字	変形A形	
主塔投光色	なし	白	青	黄	薄緑	
ケーブル段数	多い	少ない				
ケーブル投光	なし	あり				
主桁形状	ボックス	トラス				
主桁投光色	なし	白	青	黄	薄緑	
視点	橋軸直角			橋軸30度	橋軸	その他

アイテムのコード化は、各アイテム内の案1つに対して離散値を割り当て、それを2進表現を用いて遺伝子とする。NNは、入力値を景観構成アイテムの遺伝子、出力値を上で述べた形容詞対1つとして、形容詞対ごとにネットワークを構築し、アンケート調査結果をそれぞれのネットワークにあらかじめ学習させておく。これによって、景観構成アイテムと形容詞対の関係がNNのユニット間の重みによって表されたことになる。なお、学習は確率型BP(Back-Propagation)法を用いて行った。学習データに人間の判断のあいまいさに起因するノイズが含まれていると考えられるので、学習を過多にするとネットワークの重みが巨大になることが考えられる。したがって、本研究では、BP法の出力値の自乗誤差和が0.15以下を収束条件とした。

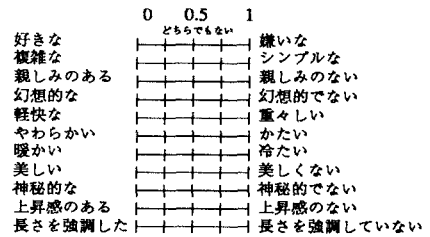


図2 アンケート調査に用いたSD形容詞対

4. 景観設計支援システム

利用者は上記の形容詞対のいずれかをシステムに入力することによって、自分のイメージする景観案を得ることが出来る。システムを起動すると、初期案として任意の景観構成アイテムの組み合わせがランダムに発生する。利用者は、上記の形容詞対を入力することによって、GAの一連のプロセスを経た後に、最も利用者のイメージにマッチした景観案を得ることが出来る。アンケート調査は、景観構成アイテムの特定の組み合わせである60枚のサンプルに対して行ったものであり、本システムでは、アンケートに用いたサンプル以外からも良好な景観案を抽出しようとしている。GAのプロセスは、初期案に依存することが多いので数回このプロセスを行わせ、最適案同士の比較は、利用者に任せることにしている。あいまいな評価基準しかもたない本研究のような対象に対して、厳密な最適解を導出することなく、局所最適解をむしろ積極的に利用し最終的なそれらの優劣の判断は人間に任せていることが本システムの特徴である。なお、GAのパラメータは、個体数20、淘汰は優位(評価値の高いもの)3個体を劣位3個体に上書き、交叉は遺伝子単位のランダム1点交叉を1世代あたり2回、突然変異は遺伝子単位のランダム書替を1世代あたり2回とした。

5. 実行例

例題として、「親しみのある」に0.01,「シンプルな」に対して0.99を代入したときのGAの評価値の遷移を図3に示す。図より20個体の平均値は、10世代ぐらいまでにはほぼ最適値と思われる値にほぼ到達していると考えられる。図2の形容詞対の左側を0, 右側を1としてシステムに入力する。ここで、それぞれの値0.01, 0.99を出力理想値と呼ぶことにする。このとき、「親しみのある」と「シンプルな」それぞれに形成されたニューラルネットワークを用いて、初期案に対する出力値(ニューラルネットワークによる判定結果)と、出力理想値との自乗誤差和の逆数をGAの評価値とし、この値を増加させるようにGAの各プロセスが機能することとする。つまり、この出力理想値との一致度をGAの評価関数として用いていることになる。

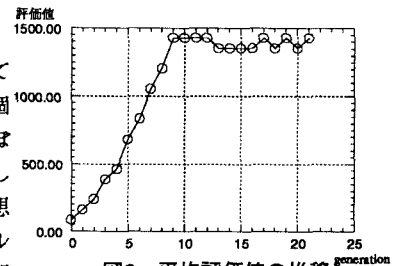


図3 平均評価値の推移

いま利用者は、シンプルなイメージを持っていて美しく、ライトアップされた姿が、幻想的な雰囲気を持つ斜張橋ライトアップ案を作成したいものとする。+1に近いイメージは「シンプルな」であり、「幻想的な」、「美しい」は、0に近いイメージである。したがって理想値として順に0.99, 0.01, 0.01を代入する。このルーチンをGAのパラメータを変えることによって数回繰り返行くと、複数個の最適解が得られた。利用者は、自分のイメージに最もマッチする景観案をCG描画例の中から選べば良い。また、これらの景観案は、Xpextrule Prototyperによって得られたルールに合致していることがわかった。

6. 結論

景観案には絶対的な最適案が存在しないゆえ、GAによって必ずしも最適とは言えないまでも工学的に十分有用な解を複数表示する本システムの有用性が確かめられた。今後、ニューラルネットワークの汎化能力の検証、GAのパラメータの検討など更なる改良が望まれる。

また、対象とする景観を景観構成アイテムとカテゴリーによって定義し、景観のコード化を行うことによって、本システムをライトアップデザインだけでなく、他の対象の景観設計支援に適用することも可能である。