

I-381

ファジィ推論を用いた遺伝的アルゴリズムによる 構造景観設計支援システムに関する研究

東京電力（株） 正員 南 将行 京都大学工学部 正員 渡邊 英一
関西大学総合情報学部 正員 古田 均 京都大学工学部 正員 杉浦 邦征
京都大学工学部 正員 宇都宮智昭

1. 研究目的

本研究では中小規模の土木構造物を対象に、デザインの知識を持たない技術者に設計の指針となるような景観予想図をコンピュータグラフィックス（CG）の画像として提供できるような景観設計支援システムの構築を試みた。システムとしては、対象となる景観をいくつかの景観構成アイテムの組み合わせと考える。その組み合わせ最適解が目標のデザインであると考え、その最適解の探索方法として遺伝的アルゴリズムの適用を試みた。また、景観の評価はいまいであり、また、個人の主観も多分に含まれると考えられるので、そのような評価基準が不明確な問題を取り扱うのに適しているファジィ推論の導入を試み、さらに多目的計画問題を応用し、対話型のシステムとした。対象となる景観としてはダム天端の景観および斜張橋の景観について考えた。

2. 遺伝的アルゴリズムについて

遺伝的アルゴリズム（以下GA）は、複雑な生物の進化のプロセスから交叉、突然変異、および淘汰の部分をモデル化した計算手法である。基本的には、対象となる問題がある評価関数の最大化問題に置き換え、環境により適応した生物を残していく自然淘汰の代わりに、より高い評価関数値を与える解を残していく淘汰を繰り返して最大化問題の解を求めるものである。図1にGAのフローチャートを示す。

3. 斜張橋の景観設計支援システム

まず、対象である斜張橋の景観について、景観構成アイテム及び各カテゴリーに分類し、それぞれのCG画像を作成する。景観構成アイテムとしては、主桁形状、主塔形状・高さ、ケーブル形状・本数、色彩などを考えた。

次に、景観構成アイテムの組み合わせによって作成される景観案ごとに、図2の形容詞対を用いてイメージできるような評価ルールを作成する。評価ルールは、デザイナーの意見および文献などを参考に作成した。次に、形容詞対によるイメージから、図3に示されるコンセプトの満足度を導くルールを作成する。ここではファジィ推論を用いる。ファジィ推論ルールもデザイナーの意見および文献などを参考に作成した。

以上のルールを用いて、設計者のイメージに最もあった組み合わせをGAを用いて探索する。設計者は、イメージとして必要なコンセプトを図3の中から選ぶ。しかしながら、図3の各コンセプト間にはトレードオフの関係が存在しているため、多目的計画問題の一つと考えることができる。そこで本研究では、対話型の満足化トレードオフ法を用いる。つまり、設計者は、各コンセプトについて、この程度であれば満足できるという水準を入力し、それを基にGAのプロセスを経て、最適解を探索する。つぎに、設計者は得られた最適解を評価して、改善したいイメージの水準を変更する。そして、満足する解が得られるまで変更を繰り返す。このようにして、設計者は納得する解を得ることができる。

適用例1

ここでは、集団の個体数を128、淘汰数を2、突然変異の確率を1/80とした。設計者は入力値として、表1の値を入力した。結果として、表2のような景観案が得られた。

次に、この結果より、さらに「風格」と「周囲との調和」をもう少し上げたいと考え、それぞれの水準を「風格」を0.1、「周囲との調和」を0.05上げ、新しい入力値として表3の値を入力した。結果として表4が得られた。

表4の景観案はほぼ満足のいくものであったので、ここでシステムを終了した。また、

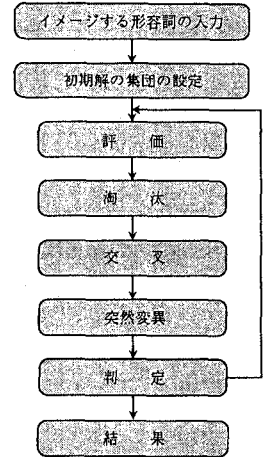


図1 GAのフローチャート

	1	0	-1	
スレンダーな				スレンダーでない
上昇感のある				上昇感のない
安定した				不安定な
開放感のある				圧迫感がある
シンプルな				複雑な
力強い				弱々しい
目立つ				目立たない
印象的な				印象が薄い
洗練された				野暮ったい
重厚な				軽快な
明るい				暗い
暖かい				冷たい
融和した				強調された

図2 形容詞対

コンセプト
シンボル性
個性的
信頼感（安心感）
親しみやすさ
風格
未来性
周辺との調和

図3 コンセプト

表5に初期解を変化させたときのこの入力値に対する結果を示す。このように、初期解を変化させても、ほとんどの場合最適解に到達するか、もしくは局所解に陥ったとしても評価値はかなり高い値のものが得られる。すなわち、本システムを用いれば、どのような入力値に対しても、設計者のイメージを十分に満足するような景観案を提示することが可能であると考えられる。

適用例2

適用例1では、本研究で作成したシステムを用いれば、設計者が入力したコンセプトに対し、それを十分満足する景観案が得られることが確認できた。しかしながら、実際の設計においては、設計者がイメージに最もあった案を一つか二つ提示するというよりも、ある程度設計者が満足できる景観案を代替案として数多く提示した方が良いという場合が多い。そこで適用例2では、対象の多峰性と、GAの広域的な解探索のシステムを利用して、あえて一番最適な景観案を探索しようとするのではなく、初期解を変化させることで局所解を数種類求め、それを積極的に利用することで、イメージに近い代替案をいくつか作成する事を試みる。そのため、ここでは集団の個体数を64、淘汰数を2、突然変異の確率を1/50とした。適用例1と同様に、満足する解が得られるまで各プロセスを繰り返して、最終的な満足解の入力値を表6に、その結果を表7に示す。さらに、初期解を変化させたときのこの入力値に対する結果を表8に示す。このようにGAの各パラメータを変化させることで、初期解を変化させることによりいろいろな代替案を得ることが確認できた。

4. 結論および今後の課題

実行結果から、以下の結論が得られた。

(1)本研究で作成した斜張橋の景観設計支援システムにより、設計者は景観設計のコンセプトを表す言葉を複数入力するだけで、そのコンセプトに合致した景観案をCG画像による情報として得られる。また、対話型のシステムとしたことで、設計者はCG画像を見ながら逐次入力データを変更することで満足のゆく景観案を作成することが可能である。

(2)本システムではGAを用いることで広域的な探索を行い、すべての組み合わせの中で最適案、もしくはそれに近い案を探索することが可能である。また、GAのパラメータを調整して局所最適解に陥りやすくすることで、初期値を変化させることにより最適とは言えないまでも、設計者のイメージをある程度満たしていると考えられる局所最適解を積極的に利用することで、数多くの代替案を作成することができる。

また、今後の課題として、各アイテム間の相関についての研究、GAのパラメータの設定、アンケートデータ等との比較をさらに行う必要があると考えられる。

表1 1回目の入力値

シンボル性	個性的	信頼感	親しみ	風格	未来性	周囲との調和
0.5	—	0.6	—	0.6	—	0.5

表2 1回目の景観案

主桁形状	主塔形状	主塔高さ	cable形状	cable本数	cableの色	高欄の色	主桁の色	主塔の色
トラス	H型	高い	ハーブ	普通	白	白	赤	白
評価値		1.025641		収束したステップ数		218		

表3 2回目の入力値

シンボル性	個性的	信頼感	親しみ	風格	未来性	周囲との調和
0.5	—	0.6	—	+0.1(0.7)	—	+0.05(0.55)

表4 2回目の景観案

主桁形状	主塔形状	主塔高さ	cable形状	cable本数	cableの色	高欄の色	主桁の色	主塔の色
トラス	H型	高い	ハーブ	普通	白	グレー	黒	グレー
評価値		0.930233		収束したステップ数		202		

表5 初期値を変化させたときの最適案

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
主桁形状	トラス	トラス	トラス	トラス	トラス
主塔形状	H型	H型	H型	A型(open)	H型
主塔高さ	高い	普通	高い	高い	高い
cable形状	ハーブ	ハーブ	ハーブ	ハーブ	ハーブ
cable本数	普通	多い	多い	普通	多い
cableの色	白	白	白	白	白
高欄の色	グレー	白	白	グレー	白
主桁の色	黒	赤	白	グレー	赤
主塔の色	グレー	白	グレー	グレー	白
評価値	0.930233	0.930233	0.929032	0.929032	0.930233
収束ステップ	274	178	248	161	262

表6 最終的な入力値

シンボル性	個性的	信頼感	親しみ	風格	未来性	周囲との調和
0.05(0.75)	+0.05(0.6)	—	—	0.3	-0.025(0.525)	—

表7 最終的な景観案

主桁形状	主塔形状	主塔高さ	cable形状	cable本数	cableの色	高欄の色	主桁の色	主塔の色
トラス	逆Y型	高い	ハーブ	少ない	白	白	赤	白
評価値		0.840000		収束したステップ数		79		

表8 初期値を変化させたときの最適案

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
主桁形状	Box桁1	Box桁1	トラス	トラス	トラス
主塔形状	逆Y型	逆Y型	逆Y型	逆Y型	逆Y型
主塔高さ	高い	高い	普通	高い	高い
cable形状	ハーブ	ハーブ	ファン	ハーブ	ファン
cable本数	少ない	少ない	少ない	普通	多い
cableの色	白	白	白	白	白
高欄の色	白	グレー	白	グレー	1/3777
主桁の色	黒	グレー	グレー	グレー	白
主塔の色	白	赤	白	白	白
評価値	0.781395	0.746667	0.849412	0.850633	0.819512
収束ステップ	77	124	97	97	107