

選好関数を用いた対話型進化システムの制御と評価

-遺伝的プログラミングのデザイン支援システムへの応用

Control and evaluation of Interactive Evolutionary System with a preference function: applying Genetic Programming to Design Aid System

中西 泰人*

Yasuto Nakanishi

* 電気通信大学大学院情報システム学研究科

Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications, Tokyo 182-8585, Japan

1998年1月30日 受理

Keywords: interactive evolutionary system, design aid system, genetic programming, capturing preference

Summary

Most of the former design aid systems have acquired some form of representative behavior of many users and designers by means of techniques such as multivariate analysis or interviews. But, such a conventional system is based on an averaged representation of various preference and difficult to adapt to changes in time or differences by age group or culture.

In this paper, a design aid system that is based on a particular individual preference is discussed.

We propose an easy-to-use design aid system which makes use of an interactive evolutionary system paradigm. Genetic programming, an evolutionary system, is used to formulate a user's preference as a mathematical function based on history of usage. We propose that the function can be used in support of a design aid system that enable designs based on individual values by implementing particular designer preferences into the system.

We evaluate synthesizing a function with linear discrimination and examine that synthesizing a function based on history of usage of the system is effective. By simulating a design process with a synthesized function as a virtual user, we examine our proposal that a synthesized function supports the system and show its effect.

1. はじめに

感性情報処理の研究は盛んに行われており [辻 96] [篠原 96], なかでも画像検索やデザイン支援などの視覚的な感性を扱う研究は活発に行われている。

従来から感性デザインの研究に多く用いられてきた手法では「可愛い」「暖かい」といった感性語によって感性情報を表現するが [長町 93], そうした手法は統計的な処理を用いた相関関係の分析によってパターン情報としての感性情報を獲得しているといえる [松山 96]. こうした感性情報表現の短所として, 感性情報が本来

属人的であるにもかかわらず平均化された情報しか得ることが出来ない, 文化的背景や言語の異なるユーザに応じてシステムを構築する必要がある, 得られた情報の構造的な表現が出来ないために情報の解読や再利用が難しい, といった点があげられる. こうした点を補う感性デザイン支援システムは

- 非言語的操作
- 構造的記述による感性情報表現
- 特定の個人の感性情報を用いたデザイン支援

といった特徴を持つべきであると思われる。

Simulated Breeding や Artificial Evolution とも呼ばれる対話型の進化システムは, 事前に評価関数を決

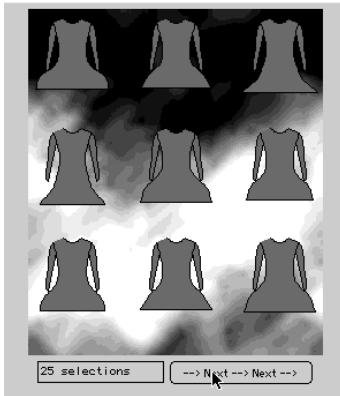


図1 デザイン支援システム

めることが困難なものや、ユーザの主観的な要素が大きく評価が人によって異なる対象に有効であると思われる [Sims91][畷見 94][Baluja93][Ventrella94][Poli97]、非言語的・視覚的な評価を下に操作できる特徴を持つ。

そこで本論文では、デザイン支援システムを対話型進化システムとして構築する。また、個人の感性情報を遺伝的プログラミング（以下 GP）[Koza92][伊庭 96]を用いて構造的記述として獲得し、得られた関数をシステムの制御に用いることを提案する。関数獲得の評価を行い、得られた関数を仮想のユーザとみなしたシミュレーションを用いて制御の有効性の検討およびシステムの評価を行う。

2. システムの概要

システムのユーザを、システムの扱いに慣れていない・データ構造および検索方法に関する知識を持たない・要求する情報が曖昧である、といった特徴を持つ一般的な消費者であるエンドユーザと想定し、対話型進化システムとしてデザイン支援システムを構築した（図1）。

本研究で構築したシステムにおいては、ユーザは画面上に提示されたデザイン案の中で最も気に入るものを選択する、という作業を繰り返してデザインを作成する。これは進化計算におけるトーナメント戦略を視覚的におこなっているといえる [Poli97]。ここで提示される候補案の数は一世代を構成する個体数であるので、数が多いほど効率のよい探索が可能であると思われるが、人間の短期記憶容量は7+2 チャンクといわれており [海保 91]、様々な候補案の視覚的に比較するシステムにおいてはこの程度の数が適当であると思われる。

現在のシステムではデザインの対象をワンピースの

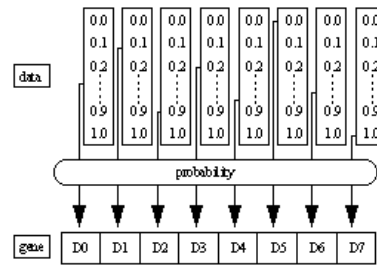


図2 遺伝子作成

形状とした。形状を作成するための遺伝子型は8個の実数からなる一次元配列である。それらのデータおよびユーザの身体のデータを用いてワンピースの側面を表わす2次元の曲線を生成する。初期状態では、8個それぞれの遺伝子座に対して対立遺伝子を0から1.0まで0.1刻みで11個持ち、それぞれの値に対して等しいポイント（5pt）を与える。システムとユーザは以下の相互作用を繰り返すことで探索を行なう。

- (1) 各遺伝子座ごとに、ポイントを下に1つのデータを確率的に選択し、一つの候補案を生成する遺伝子型を生成する（図2）。この作業を画面に提示する個体の数だけ繰り返す。
- (2) それぞれの遺伝子型を表現型に展開し、全ての候補案を画面に表示する。
- (3) ユーザは表示された候補案の中から最も気に入っているものを選択する。
- (4) システムは選択された候補案を構成した対立遺伝子それぞれに対して一定のポイント（2pt）を与える。
- (5) 戻る。

初期状態では全てのデータが選ばれる確率は等しいが、ユーザがインタラクティブにシステムに働きかけることでポイントが変動するため、各対立遺伝子が選ばれる確率が変動し、望ましいデータの組み合わせを持つ遺伝子型が現われる可能性が高まると考えられる。

初期状態ではフラットだった評価関数をユーザの入力によって分布された関数へと変化させ、その分布に応じた候補案の作成して、ユーザの入力を促すことで探索を行なっている。

また、一定回数を選択毎に探索空間を構成するデータを変更して探索空間のメッシュを徐々に細かくすることで、より評価の高い地点を探索する。対立遺伝子が11個の場合には、データの中でポイントの多い順番に上位5個をそのまま残し、上位3個のデータに探索空間の変更回数に応じた値を加算減算することで新

| data rank | data rank | data |
|-----------|-----------|-------|
| 0.0 8 | 0.2 9 | 0.25 |
| 0.1 6 | 0.25 ⑦ | 0.267 |
| 0.2 ④ | 0.3 ③ | 0.3 |
| 0.3 ② | 0.35 2 | 0.333 |
| 0.4 ① | 0.35 ① | 0.317 |
| 0.5 ③ | 0.4 ④ | 0.35 |
| 0.6 ⑤ | 0.45 ⑤ | 0.388 |
| 0.7 7 | 0.45 6 | 0.367 |
| 0.8 9 | 0.5 8 | 0.4 |
| 0.9 10 | 0.55 10 | 0.433 |
| 1.0 11 | 0.6 11 | 0.45 |

図3 探索空間を構成するデータの更新の一例

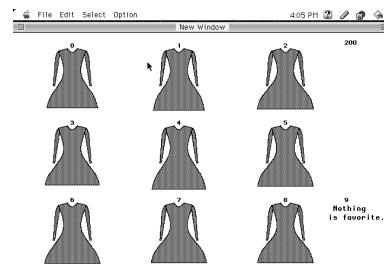


図5 ユーザによるデザイン

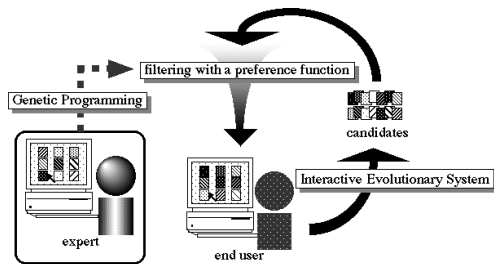


図4 関数によるデザイン支援

たな6個のデータを作成した．その一例を図3に示す．この作業をそれぞれの遺伝子座について行って新たな探索空間を形成し，ユーザはこれまでと同様にその探索空間を探索する．大きく粗い空間からより小さく密な空間へと移動するために，蓋然性がもたらされてよりユーザに没入感と自己効力感を与えることができると思われる [ローレル92]．

3. GPによる感性情報の獲得

発想支援システムの観点からみれば，対話型進化システムは生成レベルのシステムである．生成レベルの発散的思考支援ツールは無益な候補案を大量に出し続ける可能性があるために，有用な候補案を選択的に出力させるための探索空間の絞り込みや帰納的バイアスが有用であると考えられている [折原93]．

本研究においては，ユーザがあるデザインを作成した探索履歴から，そのプロセスを再現するような数学的関数をGPによって合成し [Koza92]，得られた関数を用いたフィルタリングによってデザイン作成の支援を行なうことを提案する (図4)．

3.1 感性情報の獲得

関数の終端記号は形状の遺伝子型のパラメータ ($D_0 \sim D_7$) とし，非終端記号は数学的初等関数を用いた．GP

によって生成される各々の数学的関数は，上記のシステムにおいてどのような候補案が提示されてユーザがどれを選んだのかという全ての選択の履歴を読み込む．各関数は提示されたすべての候補案の評価値を計算し，以下の項目からGPにおける評価が行なわれる．

- (1) 提示されたデザイン案の中でユーザの選択案を関数が最も高く評価した回数
- (2) 関数によるユーザの選択案の評価値が，選択に伴ってこれまでの選択案の評価値の最大値を更新する回数
- (3) 関数によるユーザの選択案の評価値が，最初の選択案の評価値を下回る回数
- (4) 関数が項として含んでいる変数項の数

理想的な値 (ユーザが200回の選択を行った場合には (200, 200, 0, 8)) からのユークリッド距離によってそれぞれの関数の評価を行ない，GPにおける遺伝的操作の基盤とした．以下に，個体数5000，世代数40，交叉率0.9，突然変異率0.05としたGPを用いて合成された関数の一例を示す．

関数 (1) :

$$\begin{aligned} & \text{mid}(D_6, -(\min(D_3 - \sin(-1.15625 - (1.63281) \\ & + (\text{and}(D_5, \text{mid}(D_4, D_4 * \text{mid}(0.710938, \cos(\\ & \exp(\text{pow}(\text{mid}(0.765625, \text{abs}(\text{and}(D_6, \cos(\\ & \text{mid}(D_7, D_0))))), -0.53125 - D_1)))))) - \text{pow}(\\ & D_2, -1.86719 + D_0)), 0.929688)) - D_1 + \sin(\\ & D_2 / (-1.66406 - (0.375 - 1.46094))) \end{aligned}$$

関数によるデザインとユーザによるデザインの比較から，得られた関数の妥当性を検討できると考える．関数もユーザと同様に，提示された候補案の評価値を計算して最も値の高い候補案を選択するという作業を繰り返してデザインを作成させた．図5にデータとなったユーザによるデザインを示し，図6に関数(1)によるデザインの一部を示す．視覚的に判断して，ほぼ等しいデザインが生成されていると思われる．こうして得

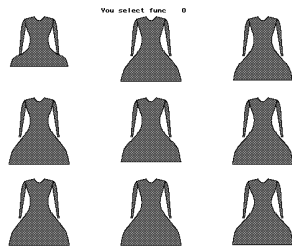


図6 関数(1)によるデザイン

られる関数には、特定のユーザがあるデザインを作成した際の感性的な知識が埋め込まれていると思われる。

3.2 関数の判別

関数の獲得に探索履歴を用いる有効性を検討するため、得られた各関数の特徴量を用いた判別分析を行った。判別分析を行うにあたっては、関数によるデザインそれぞれを視覚的に比較することで、関数獲得の成功例と失敗例の2つのグループを選び出し、判別分析を行った。10回のデザインシミュレーションにおいて、ユーザによるデザインと類似したものを作成する回数が9回以上の関数を成功例とし、2回以下の関数を失敗例として選択した。

関数の特徴量としては、GPでの評価項目および関数が選択した候補案の評価値の推移を用いた。各関数の評価値の推移の仕方を比較できるように、評価値の値を標準化し、最低値が0になるよう値を加算減算した。各評価値の対数関数への当てはめを行い、対数関数の係数と残差の総計を計算した。この作業を選び出した30個の成功例と75個の失敗例に対して行い、次の判別式を得た。

判別式(1)：

$$f = \text{meet} * -0.3787 + \text{up} * -0.1891 + \text{minus} * 0.1363 + \text{have} * -0.3051 + \text{co} * -7.2370 + \text{off} * 0.0748 + \text{re} * 0.0029 + 33.5323$$

ここでの変数は、最初の4項目がそれぞれGPにおける評価項目と相応し、coはあてはめを行った対数関数の係数、offは対数関数の定数項、reは残差の総計である。この式の値が負であれば成功例であり、正であれば失敗例と判別される。この判別式による全体の判別率は0.743であり、成功例を成功例とみなす割合は0.7、失敗例を失敗例とみなす割合は0.76であった。

さらに、モーメントを考慮して残差を計算した場合には、全体の判別率は0.781であり、成功例を成功例

とみなす割合は0.8、失敗例を失敗例とみなす割合は0.773で、それぞれの例を正しく判別できる割合が上昇した。それに対して、GPの評価における(1)の項目である候補案と評価の組み合わせだけを用いた場合は、全体の判別率は0.648であり、成功例を成功例とみなす割合は0.533で失敗例を失敗例とみなす割合は0.693となり、成功例を正しく認識できる割合が大きく減少した。

よって、評価値の推移を併せ用いて、GPの個体生成における個体の評価および判別を行えば、よりユーザの感性を捉えた関数を合成することが可能になると思われる。正負例の提示からGPを用いて非明示的な評価関数を獲得する研究も行われているが[増井93][伊庭96]、感性的対象の例示においては正例と負例を明確に区別することが困難なため、正負例の組み合わせを提示するだけでなく探索の履歴を併せて学習に用いることは、感性情報の獲得に有効な手段の一つであると考えられる。

4. システムの評価

対話型進化システムにおいては、ユーザインターフェースの重要性が指摘されているが[畠見94][高木96]、システムのパラメータが探索に及ぼす影響について数値的に検討されることが少ない。そこで本研究では、得られた関数を仮想のユーザとみなしたシミュレーションを行った。図7および図8においては、仮想ユーザとしての関数(1)が選択した候補案の評価値の推移と、関数獲得のデータであるユーザの選択案を関数(1)が評価した値の推移を示す。

4.1 システムのパラメータの評価

第一に、対立遺伝子の数の違いがもたらす影響について検討した。図7は対立遺伝子の数が6個、11個、41個の場合の探索過程の一例の比較を示す。それぞれの場合を比較するために、データの細かさが最終的に等しくなるように探索空間変更の回数を調整した。

このグラフの対比から、対立遺伝子の数が少ないほど最終的な探索点の評価が高いことが分かる。これは最も評価が高いものを選ぶというインターフェースにおいて対立遺伝子の数が多い場合、ユーザがどの候補案を選んだかという入力のみから遺伝子生成の確率を変動させるだけでは、進化システムが持つ並列的な多点探索という特徴を生かすことができずに効率的な探索を行えていないためと思われる。選択された候補案を構成する対立遺伝子だけにフィードバックを与える

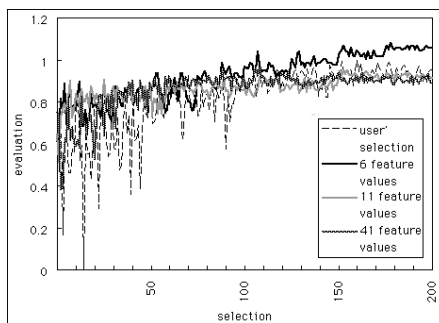


図7 対立遺伝子の数による探索過程の比較

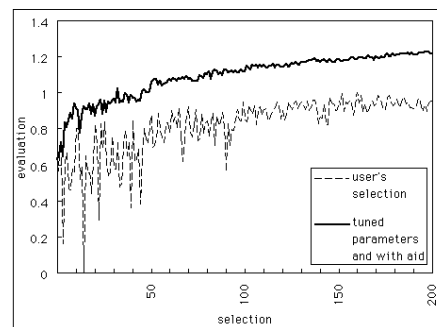


図9 関数による支援がある探索

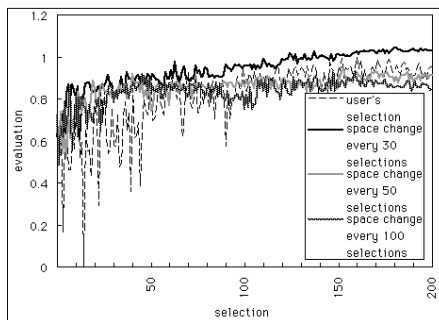


図8 探索空間変更頻度による探索過程の比較

のではなく、局所解に陥らないように、その近傍の対立遺伝子にもポイントを与えるなどして入力的情報を滑らかに探索空間に広げる必要があると思われる。

第二に、探索空間の変更回数が及ぼす影響について検討した。図8に30回毎、50回毎、100回毎に探索空間を変更した場合の探索過程の一例の比較を示す。対立遺伝子の数が同じならば、探索空間を多く変更した方が最終的な探索点の評価が高いことがわかる。

これは全体としては同じ回数の選択でより細かなデータで構成された探索空間へ移行するために、結果としてより密度の高い探索空間を探索できるためと考えられる。

4.2 関数を用いたデザイン支援の評価

「少ない回数で望む目標を達成できるようにするのがヒューマンインターフェースの役割である」と考えれば[石塚93]、同じ評価値のデザイン案を作成するのにより少ない回数の探索で作成できるか、同じ回数の探索で作成されたデザイン案の評価値がより高いかということで、本研究におけるデザイン支援の効果が評価できると思われる。以下に、数学的関数を用いたデザイン支援の効果をシミュレーションによって検討する。支援のない場合には提示する数だけの候補案を作っ

てユーザに提示していたが、関数が支援を行う場合には、提示する数よりも多くの候補案を作成し、関数が各候補案の評価値を計算して上位に評価されたものだけをユーザに提示する(図4)。デザインを支援する関数として、関数(1)と同じデータからGPによって得られた関数(2)を用いた。

関数(2)：

$$-(D3-D6/\text{mid}(D2,1.9375*\max(\exp(D2+D1/\text{abs}(\text{pow}(D0,\text{and}(0.8125,D2-\text{mid}(-1.98438,\text{and}(D4,\text{and}(\max(D1,D1),\text{abs}(D3-\min(D5,0.421875)))))/(\cos(\text{mid}(\text{mid}(D7,\text{mid}(0.898438,\text{mid}(\text{and}(D6,\max(0.804688+\min(D3,\text{and}(\text{mid}(D3,D2-(D6-D2*\text{sign}(0))),\sin(\min(D6-D2*\cos(\text{and}(\min(\cos(D0),\text{sqrt}(\cos(\text{mid}(D3,0.515625))))),-1.22656)),\text{mid}(-D2,0))))),D6-\max(-1.99219,\min(D2-\text{mid}(1.48438/\max(D6,-0.695312-\text{abs}(D2+D1/-0.15625+D3/0)),0)-0,0))),0))),D6))+\text{mid}(D2,\text{abs}(D2+D1/D1+(D6+\cos(\text{mid}(D3,D2-0)))))))-0))),0))$$

対立遺伝子が11個で50回毎に探索空間の変更を行い、30個生成される候補案の中で関数が高く評価した9個のデザインをユーザに提示する、という条件でのシミュレーション過程の一例を図9に示す。全体的に選択された候補案の評価値が上がり、最終的な探索点の評価も高いことが分かる。このことから、関数を用いたフィルタリングによる探索の支援が有効に機能していると考えられる。

また、システムのパラメータの変更と関数による探索支援を用いた場合の探索結果の比較を行った(図10)。以下の4つの場合

- (1) デフォルトのパラメータ

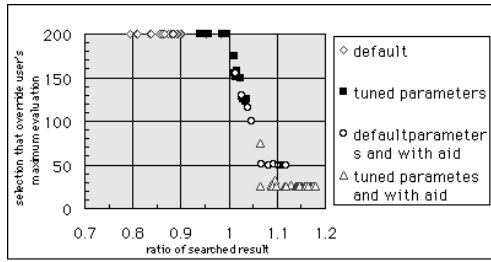


図 10 支援がもたらす探索結果の比較

- (2) 調整されたパラメータ
- (3) デフォルトのパラメータで支援を行う
- (4) 調整されたパラメータで支援を行う

を比較検討した。(1)と(3)においては、対立遺伝子の数は11個で50回毎に探索空間の変更を行った。(2)と(4)においては、対立遺伝子の数は11個で25回毎に探索空間の変更を行い、選択案を構成した対立遺伝子の近傍のデータにも1ポイントを与えた。関数による支援は上記の条件と同様である。図10の横軸は、ユーザによる選択案の評価値の最大値を基準にした関数による選択案の評価値の最大値の比率を示す。縦軸は、関数による選択案の評価値がユーザによる選択案の評価値の最大値を超えた時の選択回数を示す。

このグラフから、各々の条件によって探索過程が一定の傾向を示すことが分かる。そして、パラメータの調整と関数による支援は、最終的な探索地点の評価値を上昇させ、同じ評価値をもつ地点へより少ない探索回数で到達させることが分かる。また、調整と支援の2つを用いた場合には、それぞれ単独で用いるよりも、同じ値をもつ地点へより少ない回数で到達でき、最終的な探索地点の評価値もより上昇していることが分かる。

少ない回数で望む目標を達成できるようにするというヒューマンインターフェースの役割を考えれば、関数を用いた探索の支援はより優れたヒューマンインターフェースをもたらし、システムをより協調的にする効果があると思われる。

4・3 システムとユーザの相互作用

これまで、同じ操作履歴から合成された二つの関数を仮想ユーザおよび支援関数としていた。次に、異なるデザイン作成の履歴から合成された関数を支援関数として用いた場合について検討する。仮想のユーザである関数(1)のデザインを支援する関数として、別の操作履歴から合成された以下の関数を用いた。関数(3)の下となったデザインを図11に、関数(3)による

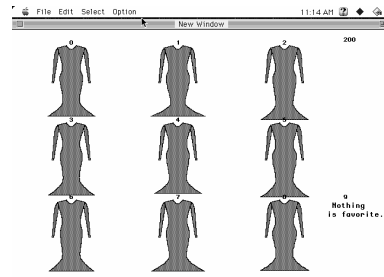


図 11 ユーザによるデザイン

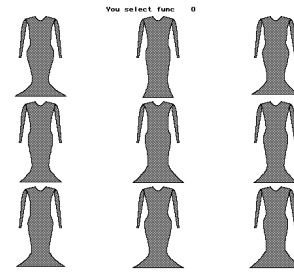


図 12 関数(3)によるデザイン

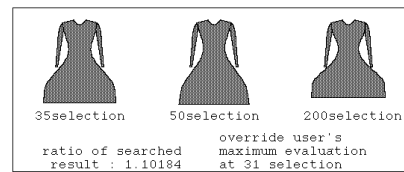


図 13 同じ履歴から合成された関数の相互作用

デザインを図12に示す。

関数(3)：

$$D7+(D7-(D4+\text{pow}(D5-D3*\text{mid}(D7,0+0), D3/\text{mid}(D3,\text{min}(\text{mid}(D1,\text{mid}(D4,-(\text{min}(0,D4))))),\text{mid}(\text{abs}(\text{max}(0,\text{abs}(\text{max}(0,D5))))),D3*\text{mid}(D6,\text{abs}(-(-0.328125)))))))+(D7-(D4+(-0.46875+(-0.46875+\text{min}(\text{mid}(D2,D3),D6-\text{mid}(\text{max}(\text{min}(\text{min}(D6,1.78125*\text{sin}(\text{mid}(D7,\text{and}(D1/-1.39844-\text{pow}(\text{pow}(D7,\text{and}(-1.48438,\text{sin}(D1))),0),0))),0),0),D7))))))$$

ユーザとしての関数(1)を関数(2)が支援した場合のデザインの一例を図13に示す。支援の条件は前述のものを用い、システムのパラメータは上記の調整したものを用いた。左から35回目、50回目、200回目に仮想のユーザとしての関数が選択した案を示す。ユーザとしての関数(1)を用い、支援をする関数として関数

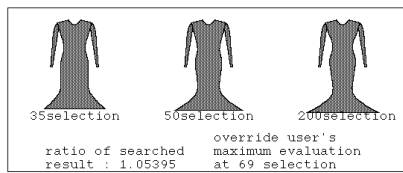


図 14 別の履歴から合成された関数の相互作用

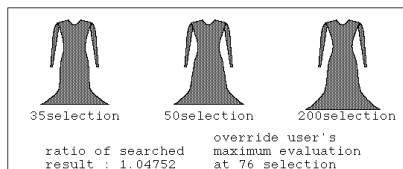


図 15 支援の条件を変化させた場合のデザイン

(3) を用いた場合のデザインの一例を図 14 に示す。

図 13 から、同じ履歴から得られた関数の相互作用によってユーザのデザインに近い形状を 30 回程度の選択によって関数が作成していることが分かる。一方で、関数 (1) と関数 (3) の組み合わせの場合には、その一例である図 14 においては、最終的な結果は支援関数が作成する案に近い。また、その最終的な候補案の評価値の比率が高いことから、ユーザとしての関数ではなく支援関数が高く評価する部分空間を探索し、またその探索点をユーザとしての関数も高く評価していると考えられる。

次に、生成された 18 個の候補の中で支援する関数が高く評価した 9 個のデザインをユーザに提示するという異なる支援の条件で、ユーザとしての関数 (1) を関数 (3) が支援した場合のデザインの一例を図 15 に示す。図 14 のデザインとは異なり、関数 (1) と関数 (3) の中間のデザインともいえるようなものが作られた。異なるデータから獲得された関数の相互作用によってどちらの基となったデザインではないものが生成されており、システムとのインタラクションによってユーザが事前にはイメージしていないものをデザインできるような場合のモデルとなるとも思われる。

5. 考 察

対話型進化システムにおいて次世代の個体を作成する際には、選択した 2 つの候補案を用いた交叉 [石野 97][Baluja93][畠見 94]、選択された候補案の突然変異 [Sims91][畠見 94]、全ての候補案に数値的評価を行うもの [高木 96][青木 97][Ventrella94]、などがある。

本研究で対象としたようなシステムでは、システムの扱いに不慣れなユーザが大多数であると想定される。全ての候補案に数値的評価を与えたり、複数の入力手法が存在する場合には、ユーザの心的負担が大きいのと思われるため、本研究では評価方法としてトーナメント戦略を用いた。しかし、個体一つだけを選択するために、次世代の個体を生成する際の制約が大きいのという短所をもつ。芸術の分野などへ応用する場合には、必ずしも個体を収束させる必要がないと思われるため、突然変異を主体にした個体生成が可能であると思われるが、デザイン分野への応用では、候補案を収束させる必要があると考えられる。そこで本研究では、各対立遺伝子にポイントを持たせ確率的に個体を生成することで大域的に探索することを目指した。また本研究で用いた、エキスパートの情報としての関数による探索空間の絞り込みや候補案のフィルタリング、探索空間の変更、選択された遺伝子を構成する対立遺伝子の近傍へのポイントの付与といったことは、局所解へ陥る危険性をはらんでいるとも思われるが、エンドユーザによる仕様策定を想定した場合には、選択回数は 30 前後が限度であると思われるため、少ない選択回数で収束させるための有効な手段であると思われる。

対話型 GA が経験豊かなデザイナーには効果が低く経験の浅いデザイナーには有効であることが指摘されているが [青木 97]、本研究も操作を行なう前に明確なイメージを保持できないエンドユーザに対して有効なシステムであると考えられる。ユーザは比較し選択するということを繰り返すことで、自分がどういった案の中からどれを選んだかということを実感できるようになる。それは、初期の段階では無意識に選択を行っていたものが、探索と共に候補案が似通ってくるに連れてどこがどう違うのかということに注視して選択を行うようになるからであると考えられる。操作を行う過程でユーザの要求を明確化させるといった特徴を必要とするようなシステムに対話型進化システムは有効であると考えられる。

GP によって特定のユーザの感性情報として獲得された関数を、フィルタリングおよび探索空間の絞り込みに用いれば、エキスパートの情報によって変換され構築された探索空間をユーザが探索することが可能なため、効率的な生成レベルのシステムを構築することが可能になると考えられる。Boden は創造的思考を概念空間の操作と考え、操作として探索と変換とに分けているが [Boden97]、こうした観点から、エンドユーザを対象とするデザイン支援システムにおいて、エキスパートの情報によって構築された探索空間を対話的

に探索することは妥当であると思われる。探索履歴からの学習を用いれば、エキスパートは探索空間および遺伝子型の発現を記述する必要がなく、受動的に学習データを提示するのみで様々なエンドユーザ向けのシステムを設定できる。また、統計的な感性情報表現とは異なり、多様な価値観に対応することが容易であると思われるため、感性デザインシステムを構築する労力と期間を削減できる可能性があると思われる。

6. む す び

本論文では、対話型進化システムを感性デザイン支援システムに応用した。その操作履歴から特定のユーザの感性情報を数学的関数としてGPを用いて帰納的に獲得し、感性情報獲得の学習データとして探索履歴を用いることの有効性を検討した。また、得られた関数を用いたシミュレーションによりシステムの定性的評価を行ない、関数を用いたデザイン支援の有効性を示した。

本研究の短所および今後の課題としては以下の項目が挙げられる。現在の手法では遺伝子長の最大値が事前に固定されるために概念設計には用いることができないが、エンドユーザが一般的な消費者の場合には許容できると考えられる。また、対立遺伝子の数が多い場合だけでなく遺伝子長が長い場合にもユーザによる入力情報が探索空間全体に拡がりにくいと予想されるため、デザイン要素が多い対象の場合には階層的な意思決定を支援するシステムと組み合わせ、より一般性の高いデザインシステムとして構築する必要があると思われる。さらに、支援のための関数を動的に活用してユーザとの相互作用をより協調的にすること、関数の獲得およびシステムの評価を定量的に行うこと、シミュレーションと実際のユーザによる評価実験を照らし合わせること、より可読性の高い関数を獲得し再利用性を高めること、などについて取り組む予定である。

謝 辞

本研究を進めるうえで、大変有益な助言を頂きました東京大学月尾嘉男教授に感謝の意を表します。又、査読者の先生方より大変有益なコメントを頂きましたことを記して感謝いたします。

参 考 文 献

- [青木 97] 青木研, 高木英行: 対話型GAによる3次元CGライティング設計支援, 電子情報通信学会総合大会, A-15-30, pp.364(1997).
- [Baluja93] Baluja, S., Pomerleau, S., Jochen, T.: Simulating a User's preference: Toward Automated Artificial Evolution for Computer Generated Images, CMU-CS-93-198(1993).
- [Boden97] Boden, M. A.: Creativity and Artificial Intelligence, Proceedings of IJCAI 97, pp.1563-1565, Morgan Kaufmann Publishers(1997).
- [伊庭 96] 伊庭 斉志: 遺伝的プログラミング, 東京電機大学出版(1996)
- [石野 97] 石野 洋子, 寺野 隆雄: 模擬育手法と帰納学習を適用したマーケティング情報分析, 人工知能学会誌, Vol.12, No.1, pp.121-131(1997).
- [石塚 93] 石塚 満: メディアとAIの融合, 人工知能学会誌, Vol.8, No.6, pp.717-720(1993).
- [海保 91] 海保 博之, 原田 悦子, 黒須 正明: 認知的インターフェース, 新曜社(1991).
- [Koza92] Koza, J. R.: Genetic Programming, The MIT Press(1992).
- [ローレル92] ローレル, B.: 劇場としてのコンピュータ, アジソンウェスレイ・トッパン(1992).
- [増井 93] 増井 俊之: 進化的学習機構を用いたグラフ配置制約の自動抽出, インタラクティブシステムとソフトウェアII, pp.195-204, 近代科学社(1993)
- [松山 96] 松山 隆司: 感性情報処理のパラダイム, 感性の科学, pp.10-44, サイエンス社(1996).
- [長町 93] 長町 三生: 感性商品学 - 感性工学の基礎と応用, 海文堂(1993).
- [折原 93] 折原 良平: 発散的思考支援ツールの研究開発動向, 人工知能学会誌, Vol.8, No.5, pp.560-567(1993).
- [Poli97] Poli, P., Cangoni, S.: Genetic Programming with User-Driven Selection: Experiments on the Evolution of Algorithms for Image Enhancement, Proceedings of GP 97, pp.269-277(1997).
- [Sims91] Sims, K.: Artificial Evolution for Computer Graphics, Computer Graphics, Vol.25, No.4, pp.319-328(1991).
- [篠原 96] 篠原 昭, 清水 義雄, 坂本 博: 感性工学への招待, 森北出版(1996).
- [高木 96] 高木 英行, 大宅 喜美子: 対話型GAの入力インターフェース改善方法とその評価, 電子情報通信学会総合大会, D-156, pp.156(1996).
- [辻 96] 辻 三郎 編: 感性の科学, サイエンス社(1996).
- [畝見 94] 畝見 達夫: 遺伝的アルゴリズムとコンピュータグラフィックスアート, 人工知能学会誌, Vol.9, No.4, pp.518-523(1994).
- [Ventrella94] Ventrella, J.: Explorations in the Emergence of Morphology and Locomotion Behavior in Animated Characters, in Proceedings of the ALIFE IV, pp.436-441(1994).

〔担当編集委員: ××, 査読者: ××〕

著 者 紹 介

中西 泰人(正会員)

1992年東京大学工学部機械工学科卒業。1995年東京大学大学院工学系研究科産業機械工学専攻修士課程修了。1998年同専攻博士課程修了。工学博士。同年電気通信大学大学院情報システム学研究科助手。人工知能学会, 情報処理学会各会員。
naka@is.uec.ac.jp