

# 模擬育種法を用いた簡易な画像加工支援システムの開発

武藤武士, 上田勝彦

奈良工業高等専門学校 情報工学科\*

{mutoh,ueda}@info.nara-k.ac.jp

**抄録** 近年, 個人で画像を加工する機会が増大してきている. このとき, ユーザには画像加工に対する経験や知識が必要とされ, 初心者が望み通りの効果を得ることは容易ではない. 模擬育種法は遺伝的アルゴリズムの一手法であり, 遺伝的アルゴリズムが陽に表現された評価関数に基づいて最適化を行なうのに対して, 模擬育種法では主観に基づいた選択によって望ましい個体を残して行く. 画像処理の場面において, 自分の望ましい画像を選択することは容易であるため模擬育種法を画像フィルタ列の作成に用いることで, 選択だけで望みの効果が得られるような画像処理が可能となる. 本研究では, 模擬育種法を用いた簡易な画像処理加工支援システムの開発と, その評価実験について報告する. キーワード: 模擬育種法, 画像フィルタ列, インタラクティブ画像処理.

## Development of Image Processing Support System by Using Simulated Breeding

Takeshi MUTOH, Katsuhiko UEDA

Department of Information and Computer Engineering,

Nara National College of Technology

{mutoh,ueda}@info.nara-k.ac.jp

**Abstract** Recently, image processing techniques are often used for making a homepage and/or changing digital photo images into more desirable image. Only limited professionals of the image processing can use this technique, because one is required a sufficient knowledge of image processing to use this technique. Simulated breeding is an interactive evolutionary computation method which performs based on a subjective fitness criterion. We developed an application program for making an image filter sequence to create a desirable image by using the simulated breeding with graphical user interface on X window system. This application program is called "Image Breeder". In this paper, we propose the scheme of the *Image Breeder* and discuss some results of the experiments, in which nonprofessional subjects use the *Image Breeder*.

**Keywords:** Simulated Breeding, Image Filter Sequence, Interactive Image Processing.

### 1 はじめに

近年, パーソナルコンピュータの低価格化やWWW(World Wide Web)による情報発信のために, 個人で画像を加工する機会が増大してきている. 画像を加工する際には, 様々なフィルタを複数回かけるフィルタシーケンスを利用することで, 単一のフィルタでは得られなかった効果を得ることができる. このよう

なフィルタシーケンスを作成するためには, 試行錯誤に頼っているのが現状であり, 望む効果を得るためにはかなりの経験を積むか, ノウハウを知っている必要がある. 画像処理のために, 知識ベースを利用して画像フィルタシーケンスを生成する研究[1]があるが, 質問の積み重ねで作成しており, 画像は最終段階まで提示されない. 一般に, 加工された画像を提示してその効果が自分の欲しい効果かどうかを判定することは容

\*大和郡山市矢田町 22

易であるが、それを作成するためのフィルタシーケンスは直観的にわからないことが多い。

遺伝的アルゴリズム [2] は、生物の進化を模した関数最適化技法の一つである。ここでは、評価関数によって良い個体を選択し、良い部品が組み合わせられることで性能の良い最適化が行われる。ところが一般に、芸術の分野などの人間の直観を評価するような場面では、評価を関数などで行うことは難しい。模擬育種法は、農業で行われる育種のように、選択を関数で行わず、人間の主観によって行う技法である。特に、コンピュータアート分野での応用が報告されている [3][4]。画像フィルタシーケンスに対しても、主観での判断が容易である点から模擬育種法を適用して、これを作成することが有効であると考えられる。

我々は、模擬育種法を画像フィルタシーケンスの作成に利用するために、*Image Breeder* [6] と呼ばれるアプリケーションを作成した。操作は、全て GUI (Graphical User Interface) を用いて直観的に行われ、1 世代のやり直しが可能である。ここでは、多様性と探索を両立するために、遺伝的アルゴリズムのパラメータである交叉率や突然変異率などを GUI から変更可能とした。実際に、コンピュータの初心者から熟練者までこのアプリケーションを利用してもらい、GUI の評価とアプリケーション自体の有効性を確認した。

本論文では、*Image Breeder* の概要と評価実験について報告する。

## 2 模擬育種法

### 2.1 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム [2] は、生物の進化を模した最適化技法の一種である。与えられた問題は、まず遺伝子と呼ばれる問題を符合化したもので表現される。これを遺伝子型と呼ぶ。遺伝子型から、遺伝的操作によって次の世代の個体 (遺伝子型) が生成される。遺伝的操作には、後述のように、交叉や突然変異・逆位・欠損などがある。

遺伝子型は、問題の解候補を表現する表現型に変換され、その解が評価される。個体は、フィットネスと呼ばれる解の良さをあらわす値にしたがって選択され、良い個体が次世代に残されていく。

遺伝的アルゴリズムの流れは以下ようになる。

1. 初期集団の生成:  $N$  個体からなる初期遺伝子集団を生成する。

2. 遺伝子型の生成: 各個体の表現型を遺伝子型から生成する。
3. 個体の評価: 表現型に対してフィットネスを求める。
4. 次世代の生成: 個体のフィットネスの大きい個体の遺伝子型に対して、遺伝的操作を加え、次世代の遺伝子を生成する。
5. 終了条件の判定: 終了条件を満たすまで、2 に戻って繰り返す。

### 2.2 模擬育種法

前節で述べたように、遺伝的アルゴリズムでは個体は、フィットネスと呼ばれる値に基づいて選択される。関数の極値を求めるような問題に関しては、このような選択は適当であるが、人間の感性のように数値化しにくい問題に対して遺伝的アルゴリズムを適用する場合には、どのように評価するかが問題になる。

ドーキンスは、文献 [3] で人間が主観的に選択を行い、L システムを利用したグラフ表現で突然変異だけ利用して、多様な虫状の構造が生成されることを示した。また、畝見は [4] で、遺伝的プログラミングを利用して、関数で表現されるコンピュータグラフィックスの作成を行っている。ここでも、画像の選択は人間が行っている。

これらの研究で行われたように、模擬育種法では遺伝的アルゴリズムの選択を人間の感性によって主観的に評価・選択を行う技法である。つまり、遺伝的アルゴリズムの 3 でのフィットネスでの選択が人間による選択に置き換えられることになる。

模擬育種法で選択を行うためには人間に一度に候補を提示する必要があるため、普通の遺伝的アルゴリズムよりも各世代の個体数が少なくなる。また、人間との協調作業であるため、ユーザインタフェースの設計も重要になってくる。特にユーザの疲労低減の為のインタフェースの工夫が必要である [5]。

## 3 画像フィルタシーケンス作成アプリケーション (*Image Breeder*)

ここでは、模擬育種法を利用して画像フィルタシーケンスを作成するアプリケーション (以下、*Image Breeder*) の実装について説明する。

### 3.1 遺伝的アルゴリズムの設計

*Image Breeder* では、遺伝子は図 1 のようにフィルタコードをあらわす部分とパラメータをあらわす部分で

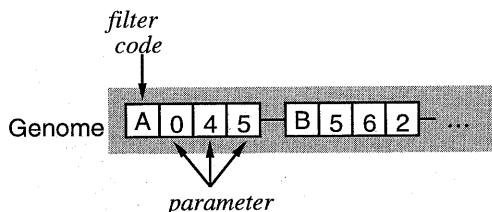


図 1: 遺伝子コード

一つの遺伝子座を構成するものとした。パラメータの数はフィルタによって変わるが、今回の *Image Breeder* では最大のパラメータ数である 3 つを遺伝子座に持たせることで、突然変異によるパラメータの不足が起こらない様にした。パラメータ部には 10 進 1 桁の離散値表現を採用し、遺伝子長は可変とした。フィルタによってパラメータに与える値は大きく異なることから、パラメータの変換はフィルタ毎に表で与えた。ここで利用したフィルタとコードを表 1 に示す。

表 1: 画像フィルタ要素とコード

コード	フィルタ名	効果
A	blur	画像をぼかす
B	invert	色の反転
C	median	メディアンフィルタ
D	mosaic	モザイクをかける
E	ntsc	NTSC 画像の様にする
F	quant	減色
G	relief	レリーフ状にする
H	shift	左右へのシフト
I	spread	画素の拡散
J	brighten	明度・彩度の変更
K	dim	明度を下げる
L	flash	明度を上げる
M	rgb	RGB 値の変更
N	reverse	上下・左右の反転
O	rotation	任意角の回転
P	zoom	拡大・縮小

フィルタシーケンスではフィルタをかける順序を変更することで、著しく異なる画像が得られることがある。このため、遺伝的操作には交叉・突然変異の他に、逆位や欠損・挿入・結合を採用した(図 3)。結合は、2 つの親が選択されており、一方の親のフィルタシーケンス長が 1 で、交叉が出来ない場合に交叉の代わりに行なわれる。突然変異はフィルタコードに関するものとフィルタパラメータに関するものに分け、異なった突然変異率を与える。また、フィルタパラメータに関

する突然変異は、親の形質をなるべく保存できるように、前後の離散値への変異を行うものとした。

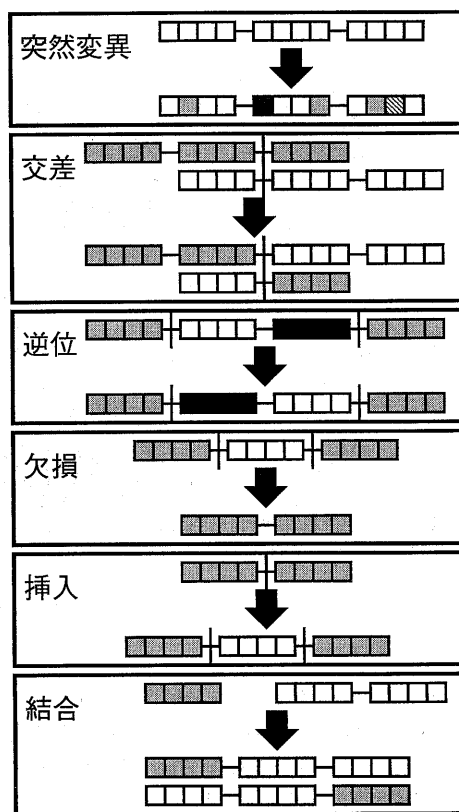


図 3: 遺伝的操作

### 3.2 GUI

図 2 に *Image Breeder* の動作の様子を示す。ウィンドウは、個体表示部・遺伝子プール部・遺伝的パラメータ変更部から構成され、マウス操作で個体の選択や遺伝的パラメータの変更等の全ての操作が行える。個体表示部には 1 世代の 16 個体全てが表示される。遺伝子プール部には 4 個体までの遺伝子を、個体表示部から移動して保存することができる。親の選択はマウスの左クリックでトグル動作し、マウスの右クリックでプール領域への移動が行なわれる。マウスの中央ボタンでその画像をファイルに保存することも可能である。遺伝的パラメータ変更部で、交叉率や突然変異率などの遺伝的パラメータを変更することが可能である。

模倣育種法による選択を行った場合、自分の望むフィ

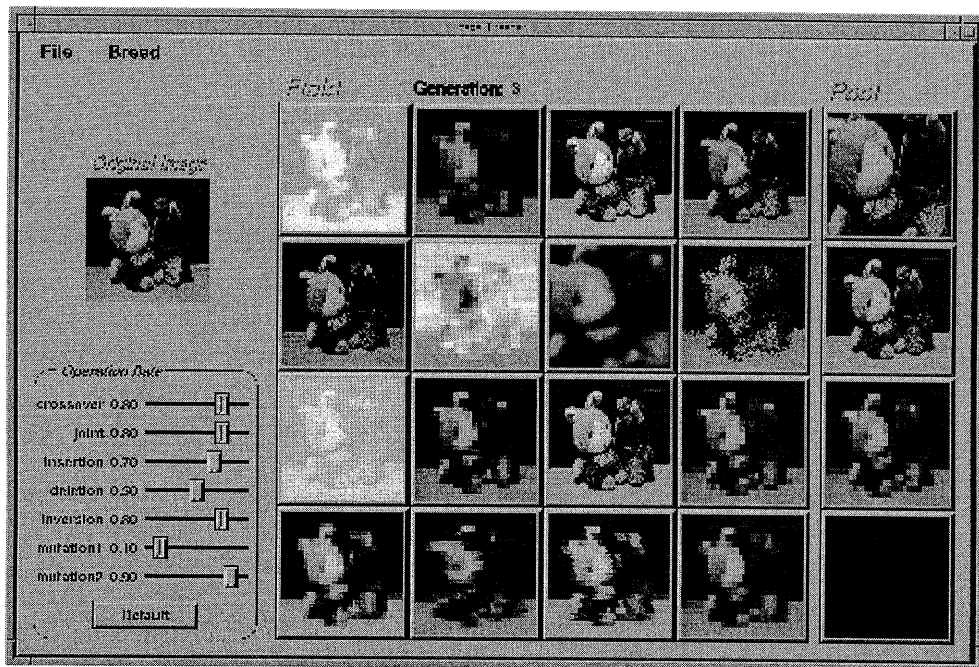


図 2: Image Breeder の GUI

ルタシーケンスとは異なった画像が得られることがある。これは、創造力の増幅といった観点からは望ましい場合もあるが、著しく異なる場合使用者に違和感を与える場合がある。そこで、Image Breederでは、1世代前の状態へのやり直し機能を用意した。

Image Breeder の GUI の作成には X Window System 上で、Forms ライブラリ [7] を利用した。また、画像の変換やフィルタの一部には netpbm パッケージを利用している。

#### 4 評価実験

Image Breeder を使って、目的にあった画像を得ることができるかどうかを確認するために、実験を行った。ここでは、この実験について述べる。

##### 4.1 実験環境

実験に利用したコンピュータは Pentium II 300MHz 搭載の IBM 互換パーソナルコンピュータで、OS は FreeBSD 2.2.5R である。この計算機で 1 世代を計算するのに、フィルタシーケンス長によって異なるが 10 秒から 20 秒程度を要する。

被験者は奈良工業高等専門学校情報工学科の学生 (15 歳～20 歳) 40 名であり、こちらから言葉で与えたイメージを想起させる画像フィルタシーケンスを作成してもらった。与えた言葉は、

「明るい色の絵の具」を「太い絵筆」で  
「こすりつけて描いた」感じの絵

である。これは、ある程度目的を持たせながら、被験者の創造性を殺さないように選んだ。

実験終了後にアンケートに答えてもらい、画像への満足の度合や Image Breeder の使い易さについて評価してもらった。アンケート内容は表 3 に示す通りである。アンケートは記述式のものを除いて、WWW を利用して行い、集計した。全ての実験結果は、

[http://sentinel.info.nara-k.ac.jp/  
cgi-bin/IB-summary.cgi](http://sentinel.info.nara-k.ac.jp/cgi-bin/IB-summary.cgi)

から得ることができる。

今回の実験では遺伝的パラメータの変更機能は使わず、あらかじめ既定の遺伝的パラメータを利用した。このパラメータを表 2 に示す。フィルタコードに対する突然変異率をおさえ、フィルタパラメータに対する

突然変異率を上げることで、フィルタパラメータ空間の近傍付近への探索が行われやすくなっている。

表 2: Image Breeder の既定遺伝的パラメータ

突然変異率 (フィルタコード) $P_{mf}$	0.1
突然変異率 (フィルタパラメータ) $P_{mp}$	0.9
交叉率 $P_c$	0.8
逆位率 $P_i$	0.8
欠損率 $P_d$	0.5
挿入率 $P_i$	0.7
結合率 $P_j$	0.8

#### 4.2 実験結果

実験で得られた画像の例を図4に示す。多様な画像が後述のように数世代から十数世代という比較的早い時点で得られている。被験者によって多様なイメージが湧くような言葉を目標としたため、同一条件にも関わらず生成された画像の変化は大きい。

画像が得られるまでに、被験者が何世代のインタラクションを必要としたかを図5に示す。1被験者が45世代と長い時間を費しているが、平均的には10世代程度で目標画像を獲得できている。

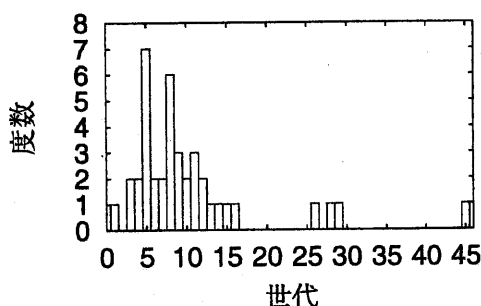


図 5: 目標画像が得られるまでの世代数の分布

得られたフィルタシーケンスの長さ (遺伝子長) を図6に示す。4程度の長さのフィルタを作った被験者がほとんどであった。この題のような画像は最低限3程度のフィルタシーケンスの組合せで作れることが、確認されているので、適当な長さに収束していると考えられる。

実験で得られた画像系列の例を図7に示す。選択された親に関する形質がうまく遺伝していく様子がわか

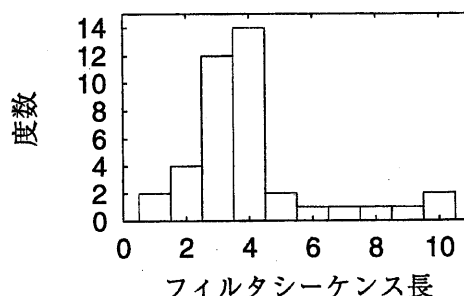


図 6: 目標画像の遺伝子長 (フィルタシーケンス長) の分布

る。この例の場合、5世代目と6世代目の間で被験者の選択基準が変わったようであり、画像に著しい変化が現れている。

アンケートの結果を表3に示した。点数が大きい程良い評価になっている。「出された条件に合う画像になった」と答えたものが78%おり、目的を持ってフィルタシーケンスを生成することが可能であることが示された。また、出された条件とは違う画像が得られたがその画像を気に入るものが80%おり、創造力を増幅するような作用もあると考えられる。

親と子との相関は普通程度であるが、1世代の時間を長く感じる被験者が多かった。このため、最終的な画像を得るまでの時間も若干長く感じている。

GUIの操作性やこのような画像処理への興味に関しては良い成績を上げている。

最後に自由記述形式の感想で代表的なものを列挙する。

- 似たような画像が複数出てきた。
- 2つ親を選択した時の効果が予想しにくい。
- 各世代にかかる時間は長い。
- 操作性は良い (はじめてでも戸惑わなかった)。
- 画像処理の方法としては面白い。

遺伝的には異なるフィルタシーケンスが生成されているが、人間の視覚で評価する際に差がわからない状況が発生しているようである。これは、最初を選ぶフィルタの直交性をよくすれば回避されるものと考えられる。

2つの親を選んだ時には、被験者は足して2で割っ

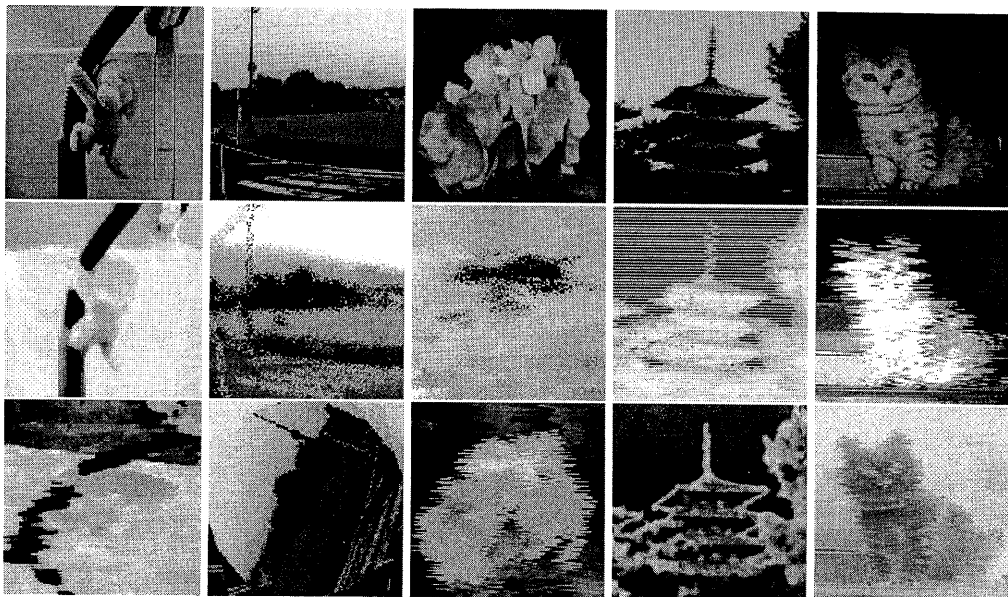


図 4: 実験で得られた画像の例:最上列は原画像

たような画像を期待するが、フィルタシーケンスの交叉をおこなっても、そのような画像が出ることはまれなので、違和感をもったようである。

速度の問題は、ユーザとのインタラクションを考えた場合、重大な問題である。コンピュータの並列化などにより高速化を行うことはできるが、アルゴリズム全般を考え直す必要があるだろう。この際、パイプライン型遺伝的アルゴリズム [8] 等を利用することも考えられる。

操作方法は、初心者でも問題がない様に設計できていた模様である。

## 5 初心者による遺伝的パラメータの変更

本節では、遺伝的アルゴリズムを知らない初心者が、作成される子供の特徴を簡単に制御するために、7つの遺伝的パラメータを3つのパラメータに集約する方法を提案する。

遺伝的パラメータを、

- 新しい効果に関するもの (*New Effect: NF*)
- 遺伝子長の変更に関するもの (*Gene Length: GL*)
- (2つの親を選んだ場合、) 効果の混合度に関するもの (*Merge Effect: MF*)

の3つにわたる ( $0 \leq NF, GL, MF \leq 1$ )。このとき、各遺伝的パラメータとの対応を以下のように定める。

$$\begin{aligned} P_{mf} = P_i &= NF \\ P_{mp} &= 1 - NF \\ P_c = P_j &= ME \\ P_i &= GL \\ P_d &= 1 - GL \end{aligned}$$

このように、比較的初心者にもわかりやすい項目で遺伝的パラメータを隠すことで、初心者でも自分の思った方向へ進化を誘導することが可能であると考えられる。

変更したインターフェース部分を図8に示す。図中 Complexity となっている部分は前述の *GL* のことである。上部のタブの選択によって、普通に遺伝的パラメータを変更することも可能である。

現在、このインターフェースを用いて新たな被験者実験を計画中であり、発表ではその結果を報告する予定である。

## 6 おわりに

画像フィルタシーケンス作成アプリケーション *Image Breeder* について紹介し、その評価を行った。比較的少ない世代で、作者の望み通りの画像が得られることが

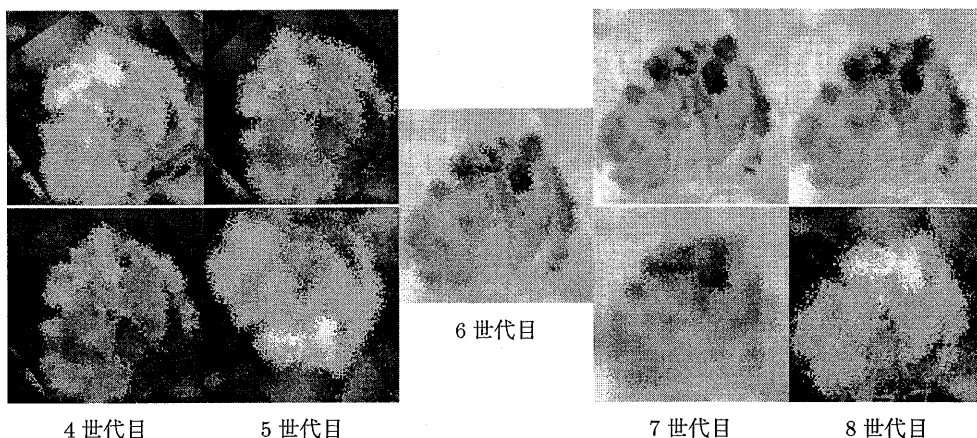


図 7: 各世代における画像の変化の様子

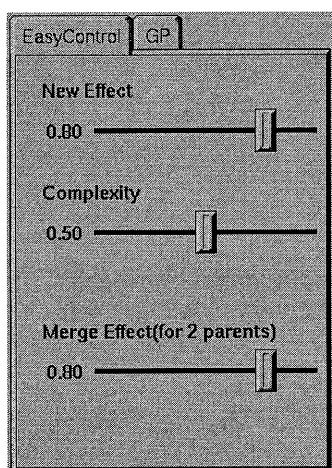


図 8: 新しいパラメータの GUI 部分

表 3: アンケート結果 (全ての被験者の平均値)

項目	評価
絵を鑑賞するのが好きか?*	0.70
絵を描くのが好きか?*	0.50
コンピュータでの画像処理に興味があるか?*	0.75
条件にあった画像が得られたか?*	0.78
(yes の場合) 条件によるイメージと同じような画像が得られたか?*	0.45
(さらに no の場合) 得られた画像は気に入っているか?*	0.80
1つの親から期待通りの絵ができたか**	3.10
2つの親から期待通りの絵ができたか**	3.37
1世代が表示されるまでの時間**	2.25
目的画像が得られるまでの時間**	2.63
操作しやすかったか**	3.95
このような画像処理に興味を持ったか?*	3.70
実験全般に関する感想***	—

\* 2段階評価, yes=1, no=0 として集計

\*\* 5段階評価, 1 から 5 点として集計

\*\*\* 記述式に付き省略

多く、得られない場合でも創造力を増強して気に入った画像を作成できることがわかった。また、操作性に関しては、初心者でも使いやすいアプリケーションになっているという評価が得られた。

現状では以下のような問題点がある。

- 1世代の計算時間が長い。また、目標画像を得るまでの繰り返し回数が多い。

- 画像の部分領域へのフィルタの適用ができない。
- 任意の大きさの画像を扱うことができない。

これらの改良は今後の課題である。

## 謝辞

本研究は本学科の卒業研究の一貫として行なわれました。1997年度卒業研究生の駒形伸子と、1998年度卒業研究生の森田千鶴には被験者実験を行なってもらいました。情報工学科の学生諸氏には実験および評価に協力していただきました。また、大阪市立大学学術情報総合センターの下村満子先生にはアンケート項目の作成に関してアドバイスをいただきました。併せて感謝致します。

## 参考文献

- 1) 鳥生隆, 岩瀬洋道, 後藤敏行, 吉田真澄, “コンサルテーション型画像処理用エキスパートシステム”, 情報処理学会論文誌, No.2, Vol.29(1988).
- 2) 北野宏明編, “遺伝的アルゴリズム”, 産業図書(1993).
- 3) リチャード・ドーキンス, “ブラインドウオッチメカ”, 早川書房(1993).
- 4) 畠見達夫, “品種改良で CG 画像を作る模擬育種システム”, Computer Today, No 64, pp.76-82, Nov(1994).
- 5) 高木英行, 大崎美穂, 印具毅雄, “インタラクティブ EC 操作者の疲労低減手法”, ワークショップ「インタラクティブ進化的計算論」予稿集, pp.47-52, Mar(1998).
- 6) 駒形伸子, “Image Breeder のページ”, <http://sentinel.info.nara-k.ac.jp/ImageBreeder/>(1998).
- 7) “XForms Home Page”, <http://bloch.phys.uwm.edu/xforms/>.
- 8) 北本朝展, 高木幹雄, “パイプライン型遺伝的アルゴリズムによる模擬育種法を用いた類似画像検索基準の学習”, 信学技報 HIP96-4(1996).