

画像エントロピーを利用した対話型進化計算による 2次元カラー画像の生成

Generation of Two-dimensional Color Image by Interactive Evolutionary Computing Using Image Entropy

石飛 豪

Takeshi ISHITOBI

広島市立大学大学院情報科学研究科

Email: tishitobi@ints.info.hiroshima-cu.ac.jp

原 章

Akira HARA

広島市立大学大学院情報科学研究科

Email: ahara@hiroshima-cu.ac.jp

串田 淳一

Jun-ichi KUSHIDA

広島市立大学大学院情報科学研究科

Email: kushida@hiroshima-cu.ac.jp

高濱 徹行

Tetsuyuki TAKAHAMA

広島市立大学大学院情報科学研究科

Email: takahama@hiroshima-cu.ac.jp

Abstract- In this paper, we deal with the generation of the two-dimensional color image by using interactive evolutionary computation. The tree structural functions to calculate the RGB values for respective pixels are generated by combining predefined functional and terminal symbols, and they are optimized by Genetic Programming. For the initial population, useless monotonous images (for example, all the pixels are black) are often generated because the symbols are combined at random. To solve the problem, we propose the new initialization method. The image entropy is used to measure the complexity of the generated images, and only promising images will be presented to users. Experimental results showed that our method is effective to generate the user's desired images.

I. はじめに

遺伝的プログラミング(Genetic Programming :GP)は、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm :GA)の遺伝子型を階層的(構造的)な表現を扱えるように拡張し、プログラム作成や学習、推論、概念形成などに応用することを目標においている。一般的に木構造はLISPのS式で表現できるので、GPでは遺伝子型としてLISP形式のプログラムを用いることが多い。GPは工学分野だけではなく、経済分野や芸術分野などの広い分野[1]で活用されている。

本研究では芸術の分野に注目し、対話型GPを用いた2次元カラー画像の生成を試みる。通常、GPを用いた進化的アート[2][3]では、木構造によっては生成される初期個体において人間が評価しづらい画像、つまり非常に単調な画像が生成されることがある。そこで、本研究では、初期個体を生成した際にRGB値から画像エントロピーを計算し、生成された画像の色の乱雑さを求めることで、人間が評価しづらい単調な画像を取り除き、評価しやすい新たな個体を生成しなおす手法を提案している。

II. 進化的アート

A. 個体構造と遺伝操作

GPはGAの拡張手法である。GPがGAと特に異なる点は、個体表現においてGAが一般的に固定長1次元配列を用いるのに対して、GPでは木構造を用いることである。

1. 木構造の突然変異

木構造において、それらが進化するためには突然変異が必要となる。表現型は大抵の場合わずかに修正されるだけでよいが、木構造の深さによっては大幅に調節されなければならない。突然変異には以下のような特性がある。

- どのノードにおいても新しいランダムな構造に変異することができる。
- ノードがスカラー値ならば値を変異させ、調節することができる。
- ノードがベクトル値ならば各々の要素を変異させ、調節することができる。
- ノードが関数ならば異なる関数に変異させることができる。例えば、 $(\sin X)$ が $(\cos X)$ に変異することができる。この突然変異が起きた場合、関数の引数は必要に応じて正しい数と型に調節される。

2. 木構造の交叉

木構造において別々に進化した個体構造の一部を組み合わせることを可能にするのが交叉である。交叉の方法として、2つの親のうち1つの親のノードがランダムに選ばれ、他の親のノードと取り替えられる方法がある。

交叉は各々の個体が持っている特性の構造を結合するために役に立つ。また交叉を行うことで、子は親の特性を受け継ぐことができる。

B. GPによる画像生成

GPによる画像の生成方法について説明する。まずGPによってスカラー値の定数、ベクトル値の定数、画像に変化を与える関数、画素座標変数 X 、 Y などが含まれる木構造を生成する。生成された木構造を基に各画素座標変数に x 座標、 y 座標の値を与え、木構造を評

値し、返ってきた値をRGB 値の階調である0 から255 の範囲に正規化する。この値をRGB 値とみなすことによって、(x, y) 座標の各々の画素に色を指定していく。木構造に含まれる関数は特定の数の引数、スカラー値もしくはベクトル値の返り値が必要となる。

生成される木構造の例として、図1にベクトル値と1引数を必要とする関数と3 引数を必要とする関数が含まれる木構造を示す。

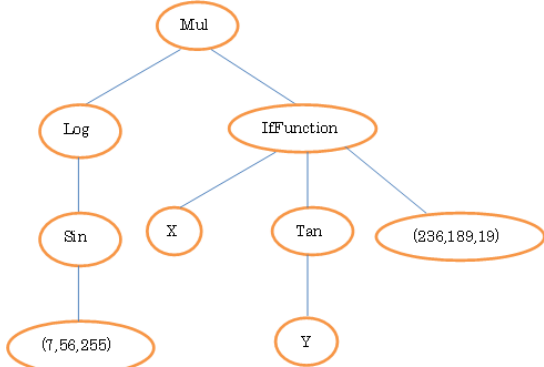


図1.ベクトル値と1引数、3引数の関数を含む木構造

C.対話型GP

近年ユーザの嗜好情報に基づいてより適した情報や機能を推薦するシステムが注目されている。嗜好の適合度関数は、入力を対象となる情報、出力を嗜好への適合度とする関数であり、適合度の最大化を行うことでユーザに提示する情報を最適化することが可能であるが嗜好モデルである適合度関数をあらかじめ把握することは難しい。このため、ユーザとのインタラクションによって適合度関数を推定し、対象の最適化を行う手法として対話型進化的計算 (Interactive Evolutionary Computation:IEC)[4] が提案されている。対話型GP とは通常のGP の評価関数を人間に置き換え、生成された個体の評価を行う際に、人間が直接個体を見て、その個体の評価値を決定する手法で、GP とIEC を組み合わせたものである。

対話型GPはGPにおける遺伝的操作をベースとして、人間の主観に基づいて提示された個体の評価を行い、対象の最適化を行う手法である。このため、人間の感性という複雑な構造を解析する方法として、定量的な評価が困難な楽曲やCGデザインなどの生成[5]に多く適用されている。

対話型GPの動作の流れを以下の1. から6. に示す。

1. 初期個体生成：あらかじめ決められた数の個体を生成して母集団とする。
2. 提示：評価を行うユーザに対して個体群を提示する。
3. 評価：ユーザが主観に基づいて個体の評価を行う。
4. 選択：評価を基に次世代に残す個体を決定する。
5. 交叉：選択個体間で部分木を交換し、子個体を生成する。
6. 突然変異：個体群の多様性を維持するため、木構造をランダムに変更する。

対話型進化計算において具体的な終了条件はないため、操作の終了はユーザが求める個体が得られたとき

になる。

III. 提案手法

A. 画像エントロピー

画像の生成には、終端記号及び非終端記号をランダムに組み合わせた木構造を用いるが、この木構造によって生成される画像の中には、真っ黒な画像や真っ白な画像などの単色の画像のように非常に評価しづらい画像が生成されることがある。そこで、画像エントロピーを用いることで、初期個体生成において人間が評価しづらい非常に単調な画像を取り除き、評価しやすい画像を表示することができる。画像エントロピーは以下の式で表す。

$$E = \left(\sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i \right) \quad (1)$$

$$P_i = (C_i) / (\text{全画素数}) \quad (2)$$

ここで式(1)において、Nは濃淡のレベル数、 C_i は濃淡レベルが*i* である画素数である。本研究ではN=64とした。つまり(2)式の P_i とは全画素数におけるレベル64段階の*i* 段階目の画素が存在する確率を表している。

B. RGB値の正規化

本研究では木構造の出力をRGB 値とみなすことで画素毎のRGB 値を指定していき、カラー画像を生成している。しかし、画像の生成には終端記号及び非終端記号をランダムに組み合わせた木構造を用いるため、木構造に含まれる非終端記号や終端記号によっては負の値や非常に大きな正の値などが考えられる。そこで、そのような値をRGB 値の範囲である0 から255 に正規化する必要がある。本研究では出力されたRGB値の絶対値と最大値を保存しておき、絶対値を最大値で割り、255をかけることでこれを実現している。

IV. 実験及び考察

本節では画像エントロピーを用いた対話型進化計算によって生成される2次元カラー画像が人間の嗜好条件に基づいてどのように進化していくかを実験し、考察を加える。

A. パラメータ設定

本実験では人間の嗜好の違いによって進化していく画像にどのような違いが出るのかを考察するため、複数の被験者にプログラムを実行してもらいその結果を比べていく。

本実験における各パラメータは以下のように設定した。

- 個体数：8
- 世代数：10
- 生成される木構造の最大の深さ：5
- 交叉率：0.7
- 突然変異率：0.1
- 非終端記号：
 - Add,Sub,Mul,Div,Sin,Cos,Tan,Log,If,IsGreater
- 終端記号：画素座標変数x,y, スカラー値定数, ベクトル値定数
- 各終端記号の値の範囲：x:0~300、y:0~220
スカラー値定数:0~255
ベクトル値定数:各要素0~255

- ・ 生成画像サイズ : x 方向:300、y 方向:220
- ・ 非終端記号と終端記号の選択確率 :
非終端記号 : 8 割、終端記号 : 2 割
- ・ 各終端記号選択確率 : 画素座標変数:4 割、
スカラー値定数:2 割、ベクトル値定数:4 割
- ・ 最大評価値 : 5
- ・ 最小評価値 : 1
- ・ 初期個体生成時に再生成となる画像エントロピー
値 : 0.2 以下

本実験では人間が評価をし終えた後にGUI 上にある Evolve ボタンをクリックすることで1 世代毎に画像を進化させていく仕様になっている。画像を初期化し、各画像に対して人間が評価を付け、Evolve ボタンをクリックし、1 世代毎に画像を進化させていき10 世代目に到達した時点で各々の実行を終了とする。

B. 結果と考察

プログラムを実行した各被験者の実行結果における1世代目および10世代目の様子を図2から図7に示す。また画像エントロピーを用いなかった場合の初期世代の様子を図8に示す。

各被験者はそれぞれ1人目から順に、線状の模様が入った画像、グラデーションが主な画像、画像内で模様が変わる箇所がある画像またはグラデーションが主な画像を基準に進化させた。各被験者の10世代目の図を比べてみると、8枚の画像の内左上から順に、図3では1、2、5、6、7、8枚目の画像に線状の模様を基調とした画像が生成されていることが分かる。図5では1、3、6、7、8枚目の画像に各RGBのグラデーションを基調とした画像が生成されていることが分かる。図7では1、2、5、7枚目の画像にそれぞれ模様が変わる箇所が含まれる画像とグラデーションを基調とした画像が生成されていることが分かる。

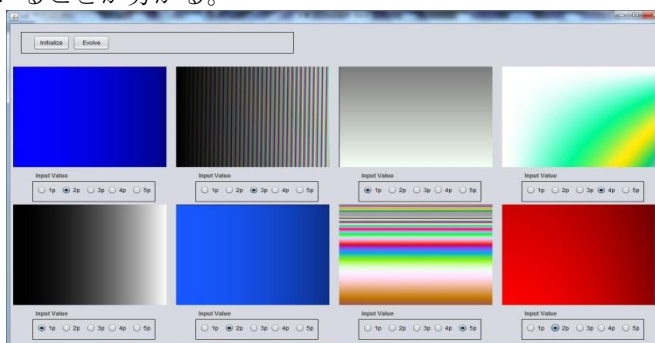


図2. 1人目 : 1世代目

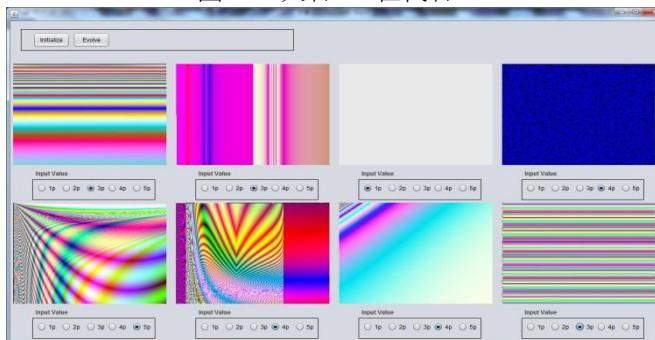


図3. 1人目 : 10世代目

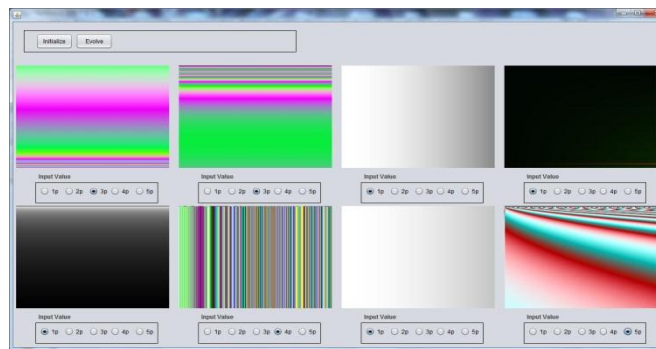


図4. 2人目 : 1世代目

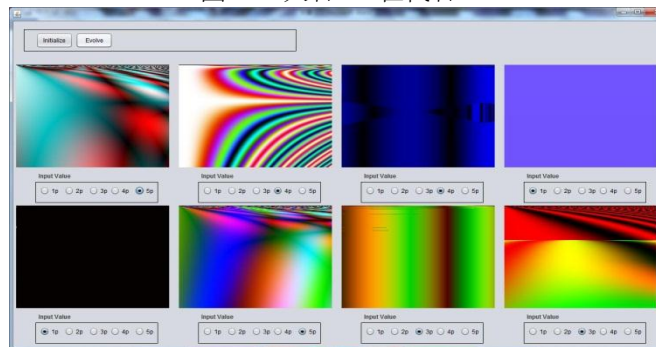


図5. 2人目 : 10世代目

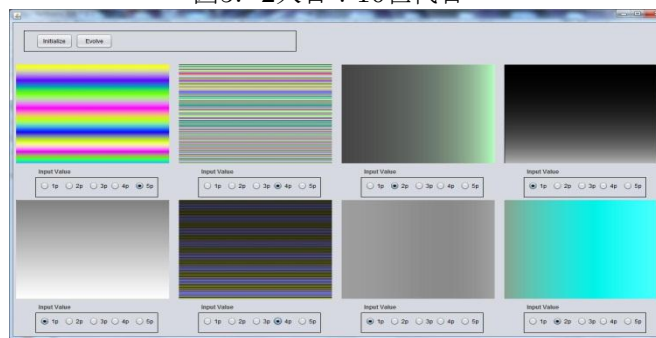


図6. 3人目 : 1世代目

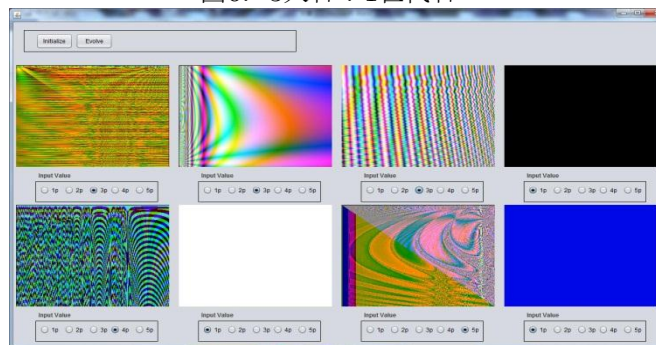


図7. 3人目 : 10世代目

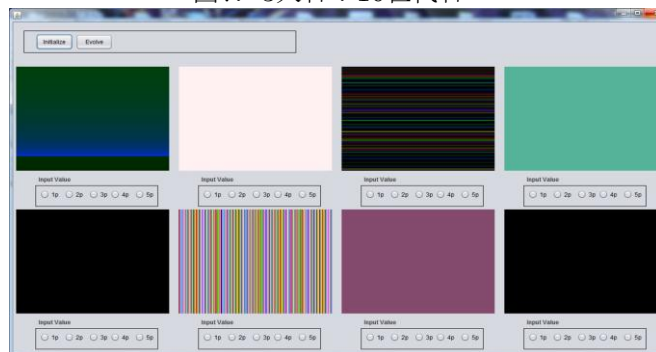


図8. 画像エントロピーを用いなかった初期世代

プログラムを実行してもらった被験者に以下の項目

でアンケート調査を行った。アンケートには1から5の数字の5段階で答えてもらった。アンケート結果を表1に示す。

- アンケート項目：
- ・ GUI の使いやすさ
 - ・ 嗜好に合った画像が生成できたか
 - ・ 自分の嗜好に合わない画像であっても面白いと思える画像が生成できたか
 - ・ 表示画像数
 - ・ 画像の大きさは適切か
 - ・ 評価のしやすさ

表1: アンケート結果

	1人目	2人目	3人目
GUIの使いやすさ	4	4	3
嗜好に合った画像が生成できたか	5	4	4
自分の嗜好に合わない画像であっても面白いと思える画像が生成できたか	5	3	5
表示画像数	4	4	4
画像の大きさは適切か	3	3	2
評価のしやすさ	4	3	4

実験結果の図2、図4、図6より1人目、2人目、3人目各々の実験の初期個体において、画像エントロピーの計算を導入し、エントロピーの値が0.2以下であった場合の画像を取り除いたことで、同一の濃淡レベルで構成された画像、つまり単色などの非常に単調な画像は生成されず、ある程度模様やグラデーションなどが入った、人間が評価しやすい画像が生成されたことが分かる。また図3、図5、図7より1人目、2人目、3人目の各々の実験において、10世代目には被験者の評価の基準である線状の模様が入った画像、グラデーションが主な画像、画像内で模様が変わる箇所がある画像またはグラデーションが主な画像がそれぞれ生成されたことが分かる。また、アンケート結果からも「嗜好に合った画像が出たか」の項目において、1人目から3人目までそれぞれ4点もしくは5点と答えており各被験者の嗜好に合った画像が生成されたと考えられるため、実験は成功したと言える。

ここで図5の左下と図7の右上の画像に注目してみる。RGB値は(0, 0, 0)で黒を表し、(255, 255, 255)で白を表す。このことから、これらの画像は前の世代でRGB値が(0, 0, 0)もしくは(0, 0, 0)に近い画像を交叉したことで、小さな値ばかりを返す木構造が生成されたのではないかと考えられる。

アンケート結果の「画像の大きさは適切か」の項目においてはそれぞれ2点もしくは3点と答えており、もう少し画像が大きい方が見やすいとの意見もあったことから各画像のサイズを大きくするため、画像の配置方法や個体数の調節、GUI自体を大きくするなど、改善の余地があると考えられる。またGUIの使いやすさの項目と評価のしやすさの項目ではそれぞれ3点から4点

と悪い結果ではなかったが、本研究で用いた対話型GPでは個体の評価に人間の嗜好を組み込むため、実行する被験者に対してなるべくストレスを与えないように、より良い評価方法なども検討する必要がある。

図8は画像エントロピーを用いなかった場合の初期世代であり、2枚の黒い画像が生成されてしまっていることが確認できる。

V. おわりに

本研究における画像の生成方法の特徴として従来の進化的アートに、画像生成の際に用いるRGB値から画像エントロピーを計算する手法を導入し、生成された画像の各画素における色の濃淡レベルの不均一性を求めることで、単色のような同一の濃淡レベルの画像など、人間が評価しづらい非常に単調な画像を取り除き、新たに個体を生成する手法を提案した。

この結果、初期世代において画像エントロピーを用いたことで、真っ黒な画像や真っ白な画像などの非常に評価しづらい画像の除去が確認できた。

また実験後のアンケート結果から、被験者の嗜好に合った画像を生成することに成功した。しかし、画像の大きさは適切かの項目において、各被験者の評価が2点から3点と低く、また画像サイズについて意見があったため、画像の配置や個体数を調節し画像サイズを大きくする必要があることが分かった。また対話型GPでは個体の選択及び評価において、人間の嗜好を取り込むため、個体を選択、評価する人間に対してなるべくストレスを与えないように、画像表示までの実行時間の短縮や画像サイズや評価方法などのGUIの機能性を向上させることも必要である。

参考文献

- [1] 高木英行、畝見達夫、寺野隆雄, 対話型進化計算の研究動向, 人工知能学会誌, Vol.13, pp.1-13, 1998
- [2] Karl Sims, Artificial, Evolution for Computer Graphics, SIGGRAPH, Vol.25, pp.319-328, 1991
- [3] 畝見達夫, 遺伝的アルゴリズムとコンピュータグラフィクスアート, 人工知能学会誌, Vol.9, pp.518-523, 1994
- [4] 伊藤冬子、廣安知之、三木光範、横内久猛, 対話型遺伝的アルゴリズムにおける嗜好の多様性に対応可能な個体生成方法, 人工知能学会論文誌, Vol.24, pp.127-134, 2009
- [5] 安藤大地、笠原信一, フォトアルバムから音楽を生成するプログラムの対話型GPを用いた最適化, 情報処理学会インタラクシン, Vol.3, pp.273-276, 2011

問い合わせ

〒731-3194

広島市安佐南区大塚東三丁目4番1号

広島市立大学大学院情報科学研究科知能システム研究室

石飛 豪

Email: tishitobi@ints.info.hiroshima-cu.ac.jp