

シームレステクスチャの生成法に関する研究

山田, 辰美

<https://doi.org/10.11501/3168353>

出版情報 : 九州芸術工科大学, 1999, 博士 (芸術工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第1章 序論

1.1 研究の目的とその背景

近年、コンピュータの高性能化、低価格化、ダウンサイジングが進み、これまで限られた人々により利用されてきたコンピュータの個人所有が増加している。時を同じくして起ったインターネットの急速な普及によりこの増加の傾向は更に強くなっている。これにより、これまで見るものであった Computer Graphics(以下、CG)[1][2][3]が個人で作るものへと変化してきた。これに加えて、World Wide Webの登場により、画像、音声など様々な情報の送受信がなされるようになり、個人がこれらの情報を利用し Homepage と呼ばれる HyperText を作成できるようになったことが、個人による CG の生成に拍車をかけることとなっている。

CGの生成は以下の2つの工程に分けることができる。

1. モデリング (Modeling)
物体の形状生成 [4]～[8]
2. レンダリング (Rendering)
物体の可視化 [9]～[12]

このうち CG を生成する場合 (特に静止画) に、生成 CG の品質に大きく寄与するのはレンダリングである。レンダリング方法で最も計算コストが低く、CG のリアル性や質感が得られる方法はテクスチャマッピング (Texture Mapping) である。テクスチャマッピングはモデリングされた物体の表面にあらかじめ生成されたテクスチャを貼り付けることにより、物体の可視化を行う方法である。テクスチャマッピングの更に有効な点はテクスチャを必要に応じて、何度でも再利用できることである。従って、この方法を用いて個人が CG を作成する場合には、テクスチャを独自に作成することなく、既存のテクスチャを利用することによって品質の高い CG を生成することができる。このような利点から様々なテクスチャ生成法の研究 [19]～[21][24]～[27][31]～[35][37]～[46] が進んでいる。

フラクタル (fractal) を利用した生成法は、B.B.Mandelbrot が提唱したフラクタル理論 [13] を用いたモデリング・レンダリング法であり、山岳形状や樹木、岩石といった自然形状の表現に有効な方法である。この方法が CG の分野で注目され始めたのは 1982 年に R.Boss が作成した「ラベルグラフの丘からのぼる惑星」という名の CG 作品 [14] が発表されたことによる。フラクタルを利用した生成法の最も良く利用される方法は A.Fournier らによって提案された中点変位法 [15] である。Mandelbrot の

fBm(fractional Brownian motion)[14]よりも計算コストが低く、汎用性が高いので、フラクタルの近似方法として広く利用されている。この方法は、与えられたプリミティブ(一般的には3角形)の各辺の中点を確率的に変位させ、その中点同士を結びプリミティブを分割する操作を再帰的に行うことにより、フラクタルを生成するものである。本論文で示すテクスチャ生成法もこの中点変位法を利用したものである。

上とは別に、反応拡散(Reaction-Diffusion)[16][17][18]を利用したテクスチャ生成法[19][20][21]がある。反応拡散を利用した生成法は、動物の模様などの表現に有効な方法である。反応拡散によりパターンを生成する基本的な考えは、A.Turing[22]により考えられたものである。A.Turingは細胞が分化していくときに形態形成されていく過程を、仮想的な化学伝達物質の反応と拡散によってとらえ、この化学伝達物質をMorphogenと名づけた。その過程を次のように考えた。

数種類のMorphogenが存在する環境を考えよう。それぞれのMorphogenはその環境内で拡散していくなかで他のMorphogenとの相互作用により反応が起こりMorphogenの状態に変化が生じる。時間が経つにつれ様々な状態のMorphogenが形成され、これらのMorphogenの状態により最終的な形態が決定される。

このMorphogenの状態を画素の濃度と考えたものが反応拡散を利用した生成法である。反応拡散を利用したテクスチャは、ある時間における状態を抜き出したものであり、すべての反応の終了により生成されるものではない。従って、抜き出す時刻によって生成されたテクスチャは様々なものが現れることとなる。

更に、階層表現[23][24][25]を利用したテクスチャ生成法[26][27]がある。階層表現を利用したテクスチャ生成法は、与えられたテクスチャをガウシアン・ピラミッド、ラプラシアン・ピラミッド、MRA(Multi-Resolution Approximation)等により階層的に解析を行い、この解析結果を用いてテクスチャを再構成して生成する方法である。従って、もとのテクスチャが与えられさえすれば、様々なテクスチャへの適用が可能な方法である。

これらのテクスチャの生成法の研究により、様々なテクスチャの生成が可能となった。しかしながら、テクスチャマッピングにはマッピングするテクスチャの生成以外にも問題が存在する。それは、テクスチャマッピングを行う際、マッピング領域が生成テクスチャよりも大きい場合には、繰り返しテクスチャを使用することとなり、テクスチャ同士の境界に境界線が現れてしまうという問題である。

この問題の解決法として文献[19]でも述べられているが、上下、左右が連続な平面に生成することにより境界線が現れないようにする方法がある。この方法の適用例は、コンピュータのデスクトップ画面の背景テクスチャなどにみることができる。しかしながら、この方法で生成されたテクスチャは回転操作を行うことができず、単に生成テクスチャの繰り返し模様があらわれることとなってしまふ。

別の解決法として、マッピング領域に直接テクスチャを生成する方法も考えられる。この場合、マッピング領域と生成テクスチャ領域の大きさが同じであるので繰り返しマッピングをする必要がなく、上記のような繰り返し模様の問題も生じない。しかしながら、この方法を用いた場合、マッピング領域に対して必要に応じてテクスチャを生成することとなり、計算コストの増大を引き起こすこととなる。また、テ

クスチャマッピング領域が大きい場合には、コンピュータの構成によってはメモリ等の問題により算出が不可能である場合もある。また、クスチャマッピングの利点であるクスチャの再利用の点から考えても領域形状に因っては利用できない場合もある。

上記の問題以外に、クスチャ生成の根本的な問題も存在する。それは、クスチャの評価の問題である。クスチャの評価、つまり、クスチャの良し悪しは基本的には人間が評価するしか方法がない。そのため、一般的な評価関数を用いるような方法では、有効な結果が得られない場合が多い。

そこで近年、注目されている方法として遺伝的アルゴリズム (GA)[28][29][30]を用いる方法である。遺伝的アルゴリズムとは、生物の進化を発想の基とする確率的探索方法であり、様々な分野で研究が進められている。

ここで簡単に遺伝的アルゴリズムについて説明する。

遺伝的アルゴリズムにおいて、扱われるデータは遺伝子型 (genotype) と表現型 (phenotype) と呼ばれるふたつの形式をもつ。遺伝子型はアルゴリズムが実際に操作を行うデータ (クスチャ生成の場合は、生成に必要なパラメータ列) であり、表現型は、遺伝子型データを可視化したもの (クスチャ生成の場合は、生成されたクスチャ) と考えれば良い。最初にいくつかの遺伝子型データを与え、そのデータから表現型データを生成する。表現型データを与えられた評価関数により評価する。高かった表現型データを作り出した遺伝子型データが選ばれやすいような確率分布をもちいて複数の遺伝子型データを選び出す。選びだされた遺伝子型データにわずかな変更を加えて、次の遺伝子型データを生成する。遺伝子型データの変更法には、突然変異 (mutation)、交叉 (crossover) 等の方法がある。突然変異は、遺伝子型データの任意の遺伝子を全く別の値に入れ替える操作である。一方、交叉は、2つの遺伝子型データの遺伝子を部分的に互いに入れ替える操作である。また、確率的に遺伝子型データを選び出す操作は淘汰 (selection) と呼ばれる。

この一連の操作を1世代と考えこの世代を進めることにより、最適な解を求めるのが遺伝的アルゴリズムである。遺伝的アルゴリズムと他の解探索のアルゴリズムの違いは、ある世代から次の世代に継承する情報が確率的に選ばれるため必ずしも、もっとも評価が高かった表現型データを作り出した遺伝子型データにはならないことである。また、もっとも評価が高かった表現型データを作り出した遺伝子型データが選ばれたとしても突然変異や交叉によりもとの遺伝子型データとは異なるものとなることである。この違いから、遺伝的アルゴリズムの収束速度は、他の解探索のアルゴリズムと比較して遅くなる場合が多い。その代りに遺伝的アルゴリズムは探索範囲の Local minimum に落ち込みにくく、広範囲の解探索が可能なので、非線形な変換系のパラメータの設定等には、有効なアルゴリズムである。この有効性に着目し、反応拡散によるクスチャ生成法のパラメータの設定に GA を用いたものとして文献 [21] がある。

淘汰を行う際に関数を使用せず人間が評価する方法がある。対話型進化計算方法と呼ばれる方法 [32] である。この方法が有効な点は、評価関数が全く設定できない問題に対しての適用が容易であることである。この方法をクスチャに適用した例

としては K.Sims[31] や畝見 [33][34] があげられる。本論文で述べる方法もこの方法である。

1.2 論文の概要と構成

本論文は、テクスチャマッピングの際に境界線の問題が起らない基本テクスチャパターンの生成法と、テクスチャの品質向上の方法として遺伝的アルゴリズム (GA) を適用する方法に関する研究をまとめたものであり、6章から構成されている。

第1章では、本研究の背景と扱っている問題を示し、あわせて論文の概要について述べている。

第2章では、まず、境界線の問題の解決法として既に利用されている、代表的なものについて述べている。すなわち、平面上に生成される基本テクスチャパターンのトポロジーがトーラスと同相であることを説明し、この平面上にテクスチャを具体的に表現する方法として、ある画像をもとに乱数を用いて書き込み位置を指定する方法 (ランダム書き込み法) を示している。その後、上下、左右に加えて、回転操作を行っても境界線の問題を生じない基本テクスチャパターンの境界条件をトポロジーの観点から考察している。この考察した結果を基に具体的な基本テクスチャパターンを生成する方法を示す。このような上下、左右に加えて、回転操作を行っても境界線の問題を生じない基本テクスチャパターンのことをシームレステクスチャと呼ぶ。シームレステクスチャの生成方法としては、ランダム書き込み法とフラクタルの中点変位法を基としたフラクタル法を示し、これらの生成法により生成された基本テクスチャパターンは回転操作を行っても、テクスチャマッピングの結果に境界線が現れないことを示している。

第3章では、第2章で説明したフラクタル法の拡張を目的とし、中点の変位量を決定する減衰率パラメータを変更することにより画像を埋め込む方法と、生成平面上に埋め込んだ画像の濃度値を利用しながら、基本テクスチャパターンを生成する方法とを提案している。その後、これらの方法による基本テクスチャパターンの生成結果を示し、この方法により生成された基本テクスチャパターンも、テクスチャマッピングの結果に境界線が現れないことを示している。

第4章では、第2の問題点としてあげたテクスチャの品質の問題を、第2章で説明したフラクタル法に遺伝的アルゴリズム (GA) を適用することによって解決する方法を提案している。まず、フラクタル法で使用された乱数列および減衰率パラメータから染色体を構成し、この染色体にふたつの GA 操作、すなわち“突然変異”および“交叉”を施す。この二つの操作が施された染色体からフラクタル法で再度、テクスチャを生成し、この生成結果に対して第3の操作である“淘汰”を行う。この淘汰の操作は複数提示されたテクスチャから、ユーザが適宜選択することである。この方法によれば、容易に多種多様な基本テクスチャパターンの生成が容易であり、第2の問題の解決に必要な条件を満たす方法となっている。

第5章では、シームレステクスチャの境界がつながるという性質を利用したカラー

パレットの生成法を提案している。この方法により生成されるパレットは、パラメータの設定によって容易に複数のカラーパレットを生成することができる。また、シームレステクスチャの境界がつながるとい性質から、カラーパレットの最初の色と最後の色が類似した値をとる性質を持つので、これをリング状のカラーパレットと見なすことが出来、任意の位置から使用カラー数を減らさずに利用できる。このリング状のカラーパレットをテクスチャの色づけに用いた場合、リング状のカラーパレットのつなぎ目の色の差異による疑似輪郭が現れにくい。

第6章では結論を述べ今後の課題について論ずる。