

I-017

非周期平面充填を用いた自然物生長のモデリング

A Modeling of Natural Product Growth Using Non-Periodic Plane Filling

平岡 佑規†
Hiraoka Yuuki

齊藤 剛†
Tsuyoshi Saitoh

1 はじめに

今日、映画やゲームなどには3次元CGが多く用いられ、実物に非常に近いCG表現が可能となった。特に自然物のCG表現に関しては、そのモデル化やレンダリング技法に多くの研究がなされている。自然物のCG表現においては、静止画として表現することのみならず、その成長や変化の過程をリアルにアニメーションとして表現することも多くの応用分野を有する。

本研究は、発生・生長過程を含めた自然物、特にある地点から徐々に広がっていくコケ等の発生・生長モデルの作成を目的とする。このような対象では、ある時点の状況から次の時点への推移、すなわち、成長させる部分の探索が必要となる。本研究の方法は、非周期的タイルング法であるペンローズ・タイルの技法を利用し、この探索を不要とした方法である。本稿では、まず、ペンローズ・タイルについて簡単に示し、次いで、これを用いたコケの平面および立体のテクスチャ生成手法および、コケの生成領域の制限方法について述べる。

2 ペンローズ・タイルの概要

ペンローズ・タイル [1] とは、2種類の異なる図形を用いて平面上を非周期的に充填するタイルングである。本研究ではカイト (凧型) とダート (矢型) と呼ばれる2つの図形を用いたペンローズ・タイルを使用する。

カイト、ダートとは、鋭角 72° 、鈍角 108° 度からなる平行四辺形の長い方の対角線を $1 : (1 + \sqrt{5})/2$ の黄金比で分割し、分割した部分と鈍角の頂点とを結びことで生成される2つの図形である。

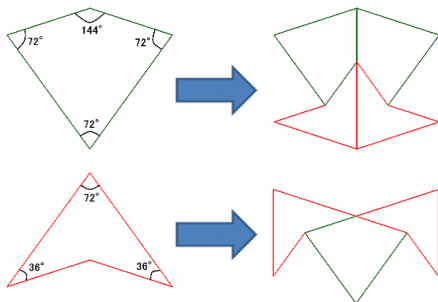


図 1: カイトとダートおよびその置き換え

ペンローズ・タイルは、この2つの図形各々を、縮小した自己同型の複数のカイトとダートに再帰的に置き換える (図1参照) ことにより、平面上を非周期的に充填する方法である。5回の再帰置き換えの過程を図2に示す。

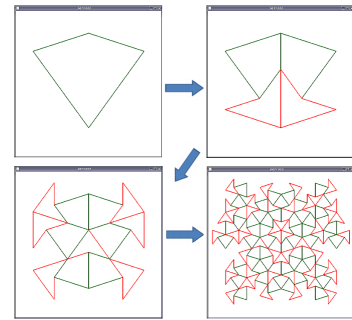


図 2: ペンローズ・タイルの例

3 コケテクスチャの生成

本節では、非周期平面充填を用いた平面コケテクスチャおよび立体コケテクスチャの生成モデリング手法、そして立体コケテクスチャの生成領域の制限手法について述べる。

3.1 平面コケテクスチャの生成

コケ等の自然物は、石や木などの表面で発生・生長する。発生は時期をずらして複数の地点で起こり、また、すでに発生または成長したコケの周囲を広げるように成長する。成長の過程は、ペンローズ・タイルの再帰機能を用いる。すなわち、ダートおよびカイトを再帰的に置き換えるプロセスにおいて、再帰回数を指定し、その回数に達したら、再帰を停止すると共にその領域を塗りつぶす。これにより、塗りつぶされた領域に隣接した領域が徐々に塗りつぶされ、ある程度塗りつぶすと、別の地点から塗りつぶしが始まり、最終的には一定の領域全てが塗りつぶされる。この塗りつぶしに、あらかじめ用意した小さなコケのテクスチャを用いることにより、コケの自然な成長が表現できる。また、再帰順番を変えることにより、複数の成長過程を表現できる。一方、同時並列的な成長を実現するために、マルチスレッドの技法を利用し、再帰プロセスを並行処理する。これにより、複数の地点から並列的に成長する過程を表現できる。

この手法を用いて作成した平面コケテクスチャを図3

† 東京電機大学 未来科学部, Tokyo Denki University

に示す．複数の箇所からのコケが発生し，徐々に生長していく過程が表現できている．図4は，生成した平面コケ画像をテクスチャとして，実写画像に合成したものである．コケ画像をテクスチャ化する際，コケが描画されていない場所は透明化することで，テクスチャを適用した際の不自然さを解消している．

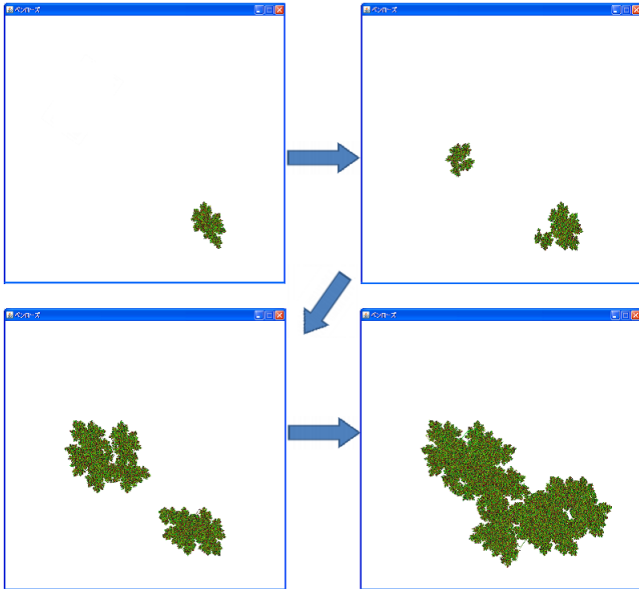


図 3: 平面コケテクスチャの生成



図 4: 実写画像への平面コケテクスチャ適用結果

3.2 立体コケテクスチャの生成

前節では，再帰の最終段階で，カイトまたはダートの領域に基本となるコケのテクスチャを貼りつけることにより，コケが成長し全体を埋め尽くす過程を表現した．この「最終段階でコケのテクスチャを貼りつける」代わりに，再帰置き換えにおける各段階でカイトおよびダートの各頂点に，再帰の深さに応じた高さを持った「一本

のコケ」を配置することで，立体的なコケの生長が表現できる．生成例を図5に示す．

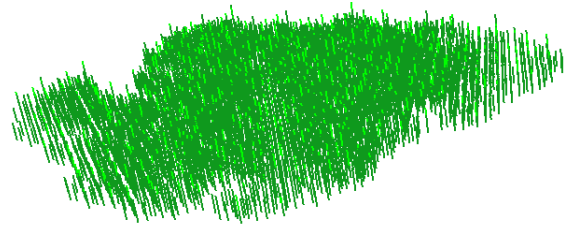


図 5: 立体コケテクスチャの生成

3.3 領域を限定したコケの成長

これまでに示した方法は，最終的には一定の領域全てを埋め尽くす．しかし，実際には，石や窓などがあり「生えない領域」がある．この生えない領域をマスクする方法として，別のマスク画像を用意し，その画像の黒色部分の領域のみ，生長させる機能を追加した．図6(a)は，マスク画像であり，(b)が生成した例である．

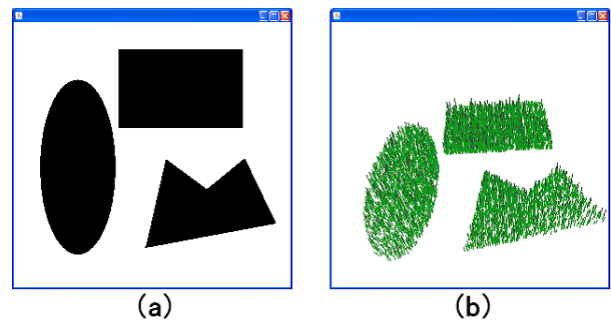


図 6: 領域を限定したコケの成長

4 おわりに

本稿では，ペンローズ・タイルの技法の特徴を利用した，発生・生長過程を含めたコケなどの生長モデルについて述べた．この手法により生成した平面的および立体的なコケテクスチャを示し，また，生長領域をマスクする方法とその例を示し，本方法の有用性を示した．

今後は，よりリアルなコケテクスチャの生成手法と生成したコケテクスチャを複雑な3次元形状に適用する方法について検討する．

参考文献

- [1] マーチン・ガードナー著，一松 信 訳，「ペンローズ・タイルと数学パズル」，丸善株式会社，1992.