

G-08

スペース・コロナイゼーションを用いた樹木の表現シミュレーション

Simulation of Trees Expression with Space Colonization

川本 歩実† 今井 敏行‡ 床井浩平‡
Ayumi Kawamoto Toshiyuki Imai Kohei Tokoi

1. はじめに

本稿では、CGにおける樹木の制作手法について報告する。枝の伸ばし方や枝分かれの仕方はランダムに見えるが、これらには一定のルールに基づいて作られている。この木を形づくるルールは様々なものが提唱されてきている。その中でも1971年に生物学者の本田久夫によって提唱された再帰的な構造を利用した枝分かれシステムがある[3]。そのような流れを受けて、よりリアルな木の構造を3次元的に作ることを目指して開発されたのがスペース・コロナイゼーションというアルゴリズムである。

スペース・コロナイゼーションは複雑な文字列の式を並べなくてもパラメータを調節し、あらかじめ全体像を指定してから枝分かれ構造を作っていくため、このアルゴリズムを用いて樹木のモデリングを行い、パラメータを調節することでどれだけ形状が変化するかを実験することが本研究の目的である。

2. 研究方法

本研究では、3DCG ツールの Houdini を用いて、効率率的に樹木のモデリングを行う手法を開発した。

2.1. スペース・コロナイゼーションのアルゴリズム

スペース・コロナイゼーションのアルゴリズムは再帰的な計算をベースにしており、1つ手前の計算結果を利用して次の計算を行うものである。このアルゴリズムの流れを説明する。

まず枝を伸ばしたい任意の空間を用意し、そこに枝が伸びていく候補となる点群（アトラクションポイント）を充填させる（初期化）。次の枝をどこに向けて作るべきか探

すために、幹となる点を中心として、任意に与えた探索半径の球のなかに入っているアトラクションポイントをさがし出す（探索）。探索で各枝上の点から探し出したアトラクションポイントの平均の位置をそれぞれ割り出す。枝上のそれぞれの点から、その探し出したアトラクションポイントの平均位置に向かって枝を伸ばす（分岐）。枝を伸ばした段階で、枝に属するべきすべての点から任意の半径内にある点群を探し出し、その探索に引っかかった点群を削除する（浸食）。それ以降は、探索から浸食のフェーズを繰り返すことにより枝を成長させていく。以上がスペース・コロナイゼーションのアルゴリズムの簡単な流れである（図1）。

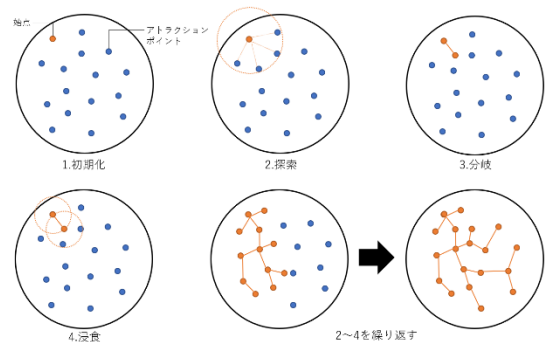


図1 スペース・コロナイゼーションのアルゴリズム

2.2. 樹木のモデリング

スペース・コロナイゼーションを使った樹木をつくるのにあたって、木と葉をそれぞれ作成し、組み合わせて樹木とすることにする。さらに木は枝と幹に分けて考える。まず必要なのが枝の成長経路を決定するアトラクションポイントである。

そこでまず、アトラクションポイントを配置する領域、つまり枝の外形部分となる領域を作るために球体のオブ

ジェクトを用意する。オブジェクトとは、CG上に存在する仮定の物体である。ただ、球体では実際の木の外形とはあまり近くないため、球体の形状を編集することで枝部分の外形に合わせた形状に変形する。

次に、後に木の幹となる部分も作るため、その高さの分だけ上方向(y軸方向)に移動する。そして、そのオブジェクト領域内にアトラクションポイントを配置する。しかし、配置したアトラクションポイントの密度が一定のままであると、比較的均一な距離感で配置され自然な形状が出にくい可能性があるため、密度を場所により変化を与える。密度の編集ができたなら、アトラクションポイントを配置していく。しかしこのままでは、外形表面に枝が密集してしまうので、外形表面に近い部分のポイントの配置密度を下げる。

ここで、木の幹を作る。まずは直線を作り、この直線上にアトラクションポイントを複数配置する。ここで作られたポイントが幹のポイントになる。最後に枝と幹のアトラクションポイントを統合すれば、木のアトラクションポイントの作成は終了する。

そして、前述したアルゴリズムのフローに沿って木を成長させ、幹や枝の厚さ、色などを加えて木を表現する(図2)。

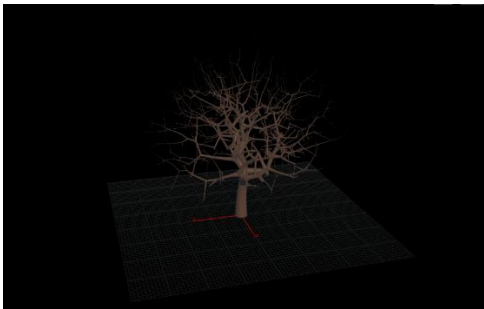


図2 木(枝と幹)のモデル

葉も同様にポイントを配置するために領域を用意する。木では球体のオブジェクトを用意したが、葉では紅葉の形をした平面のオブジェクトを用意する。次に、アトラクションポイントを配置していくが、葉脈はきれいな規則性もっているため、密度は一定のままにする。そして、葉の付け根となる直線上に配置した複数のアトラクションポイントと組み合わせる。アルゴリズムのフローに沿って葉脈を成長させ、色を付けると、葉が表現される(図3)。

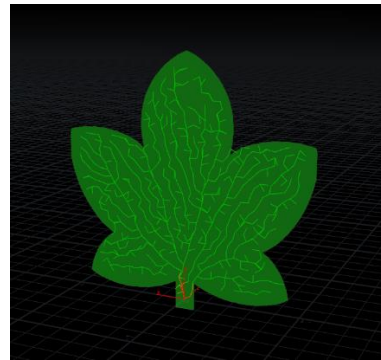


図3 葉のモデル

最後に木のモデルと葉のモデルを組み合わせれば、樹木のモデリングは完成である(図4)。

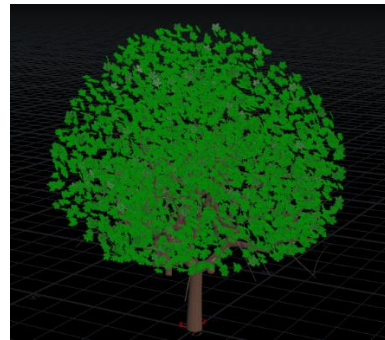


図4 樹木のモデリング

3. 実験・結果

樹木をモデリングするために様々なパラメータが設定された。幹や木全体の大きさに関するパラメータやアトラクションポイントに関するパラメータなど様々あるが、これらを調整することで多様な形状の木を作成することが可能である。これは、葉の葉脈に関しても同様である(図5)。

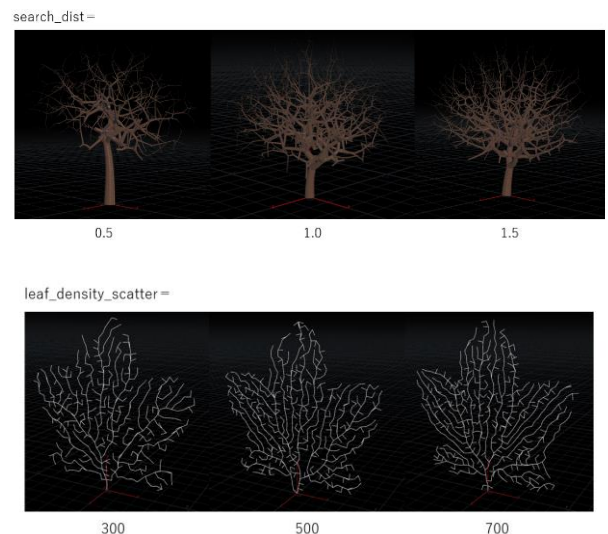


図5 パラメータを変動させたときの樹木の形状

また、葉の着色について、スペース・コロナイゼーションのアルゴリズムで葉脈を作る際に繋いだポイントから順に1から数値を設定する。すると、根本を中心に外側に広がるほど数値は大きくなっていく。そこで、数値が1のポイントに緑をいれて、そこから数値が大きくなるにつれて赤に近い色を割り当てていくと、グラデーションが完成する(図6)。

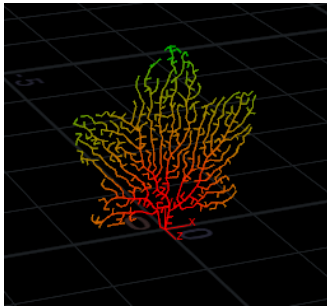


図6 葉の色の变化

4. まとめ

本研究でスペース・コロナイゼーションアルゴリズムを用

いた樹木のモデリングを行った結果、パラメータを調節することで多様な形状が作られ、ポイントに数値を入力することで、色の変化等に工夫が可能であることが分かった。しかし、木が単調であることや葉が葉脈だけであることから、よりリアルなモデリングが今後の課題である。また、葉の色の変化から、紅葉する過程のシミュレーション方法や、3D地形モデルに樹木を配置することで、景観シミュレーションへの活用を検討する。

参考文献

- [1] [1]Runions Adam, Brendan Lane, and Przemyslaw Prusinkiewicz, "Modeling Trees with a Space Colonization Algorithm", *NPH7*, pp. 63-70/2007
- [2] [2]Runions Adam, "Modeling and Visualization of Leaf Venation Patterns", *ACM SIGGRAPH 2005 Papers*, pp. 702-711/2005
- [3] [3]堀川淳一郎, "Algorithmic Design with Houdini-Houdiniではじめる自然現象のデザイン-",株式会社ビー・エヌ・エヌ新社, 2019