

植物ホルモン成長モデルを用いた自然な植物形状の自動生成

久島 翔 † 上原 和樹 † 赤嶺 有平 † 當間 愛晃 † 山田 孝治 † 遠藤 聡志 †

1) 琉球大学院 理工学研究科 † 2) 琉球大学 工学部 †

1 はじめに

コンピュータ・グラフィックスにおける植物モデルは、映像や建築に関わる環境シミュレータ等における需要があり、景観にリアリティを持たせる要素として重要視されている。精細なモデルを表現できる手法としては、L-system[1]がよく知られている。L-systemは一見すると自然な植物モデルを作成することができるが、植物内部の機構や成長過程における環境の変化を考慮しないため、成長段階に応じた形状変化の表現が困難である。上原らはこれらの問題に対し植物ホルモンによる成長の調整による植物のモデル化をすることで、環境に適応した植物形状モデルを提案した[2]。本研究は上原らのシステムを改良し、葉の創発を確認することで、課題としてあげられていたより多様な植物の生成へのアプローチを行う。

2 植物の成長

2.1 植物ホルモン

植物の成長は細胞の増加と細胞の体積増加により起こり、環境的要因の影響を強く受けることが知られている。この環境的要因に関する情報を植物内部で伝達する役割を持つのが植物ホルモンである。代表的な植物ホルモンによる成長の例として、細胞分裂の促進はオーキシンとサイトカイニン、細胞伸長の促進はオーキシンとジベレリンの混合した作用によって引き起こされることがあげられる。それぞれのホルモンは生成部位や輸送方法が異なり、また生成された部位によって引き起こされる作用が異なる。本稿では、このホルモンによる細胞伸長や肥大の影響を、後述するモジュールの形状の制御で表現する。

3 提案手法

3.1 植物ホルモン成長モデル

本手法において植物形状モデルはモジュールの集合で表現される。各モジュールは太さ、長さ、角度、養分量、水分、葉緑体を持つ。そして、モジュールごとにホルモンを生成し、ホルモンの作用に応じて形状と状態が決定される。本手法では特定のホルモンをモデル化するのではなく、ホルモンの影響によって決定された成長度合いを植物モデルに反映させることによって、時間や場所によって変化する日照、地中の水量のような環境の変化が植物モデルに与える影響を表現している。各モジュールは、ホルモンが成長の度合いを制御するために伸長度、肥大度、木化度、側枝形成の

3.2 木化

植物においての幹の大部分は、硬質化した死細胞である。これを木化といい、幹の内部に導管を作り続けながら木化し、茎や幹が肥大化する。木化により植物は重い枝や葉を抱えた状態でも自立し、光合成するための葉空間を獲得することができる。葉は葉緑体を多く含む柔らかい組織で構成されており、茎の先端が細胞分裂を起こす際に芽が生じ、展開して葉となる。

本手法において、葉そのものとして前もって定義されたモジュールは存在しない。モジュールの木化度は葉緑体量で定義されており、葉緑体量が少ない状態で、強度が高い状態である。対して、葉緑体量が多い状態のモジュールは強度は低い光合成量が多くなる。この木化した部分に比べて柔らかく、光合成するための葉緑体を多く含んだ状態のモジュールを本稿では葉と定義する。

3.3 遺伝的アルゴリズム (GA)

GA とは、生物の進化をもとに考案された探索法である。遺伝的操作を繰り返しながら界を得る手法で、本稿では遺伝コードは各ホルモンの生成の条件と形状に変化を与える度合いを実数値による一次元配列で表現し、一個体とした。GA においては、初期集団生成、評価、エリート選択、交叉、突然変異、次世代決定の遺伝的操作を繰り返し行う。評価値は、植物形状モデルの全モジュールが持つ養分量の総和である。これにより得られた遺伝子を環境化において成長させることで、最終的な植物形状モデルを得る。

4 実験と考察

4.1 実験

実験環境は 2 次元環境で、真上からの一定の日光が浴びせられ、地中には十分な水分を含んだという条件で行った。遺伝的アルゴリズムにより探索された上位個体 (2000 固体中の 50 個体) を目視により確認したところ、図 1 から図 2 の様に成長する個体が見つかった。

4.2 結果

植物モデルはモジュールを平面空間に広げ、光合成を行うために木化をしながら自身を広げ、効果的な葉緑体の配分を見つけ出している様子がステップ毎に観察できる。

以下の図 1,2 における色付けの内訳は、葉緑体を多く含んだモジュールは緑に色付けされ、木化度が高い部分は赤色となっている。



図 1: 初期

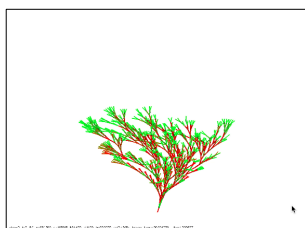


図 2: 成長過程

4.3 考察

図 1 は初期の状態、植物としては新芽を意味するため、多くの部分が葉緑体を含んだ緑色であることがわかる。

図 2 は成長ステップを踏ませた結果で、図内の植物モデルのほぼ真上から日光を当てているので、横に広がるような植物形状モデルを得ることが出来た。

この結果より、実際の植物と同様に発芽直後は全体が葉緑体に覆われた状態 (強度が低く、光合成量が多い状態) で成長に伴い、木化が進み全身を支えるための強度を確保するような植物モデルがホルモンバランスの探索により発現することがわかった。

5 まとめ

本稿では、植物の一部を模したモジュールと、植物ホルモンもモデルとした、1) 環境要因により生成、減少し、2) 植物内部で拡散し、3) 植物の生長に影響を与える、状態量を定義することで、葉の発現を含む植物らしい形状を生成可能であることを示した。また、本稿では複数個体の中から植物らしい個体を目視によりピックアップしているが、評価関数を工夫することで植物らしい形状を生成するホルモンバランスを遺伝的アルゴリズムにより探索可能であると考えている。実験環境は 2 次元平面上でのシミュレーションだが、モジュールを複数の面を持った、奥行きのある立体形と捉え、各面に対し平面上のモジュールへの操作を同様に行うことで 3 次元への拡張は容易である。それらモジュールの持つ面は個々に日光に対し反応し、自身がどの方向から日光を受けているのかをホルモンに将来的に反映させることができる。これより、奥行きを持った複雑な植物形状モデルと、その 3 次元空間に存在する環境的要因に対する適応実験が可能である。

参考文献

- [1] Premyslaw Prusinkiewicz, Aristid Lindenmayer, "The Algorithmic Beauty of Plants", Springer-Verlag, (1990)
- [2] Kazuki UEHARA, Graduated School of university of the ryukyus, "An Automatic Generation of Plant Graphics based on Plant-hormonal Model using Genetic Algorithm" (2013)