

J-062

枝形状の再現を目指した樹木の生長モデル A Growth Model of Botanical Trees Aiming to Represent Branches Shapes

金 知俊[†]
JiJoon Kim

1. はじめに

自然環境のCG表現において樹木はもっとも重要な要素の一つであるが、形状の複雑さや個体差の大きさから人手によるデータ作成は困難である。そこで樹木の生成規則をモデル化し計算機で自動生成する手法が数多く試みられている [1]。

本研究では様々な樹種を統一的に扱え、さらに周囲の環境への対応や対話的な生長操作が可能な現実に近い樹木の生長シミュレーションの実現を目的とし、その第一段階として様々な樹種の枝形状を再現できる生長モデルを考案した。現実の樹木では枝、芽、花を単位とするシュートと呼ばれる構造が積み重なることで生長を行う [4]。また水、養分や植物ホルモンによって樹木の生長は制御され、それにより個体差が生まれる [5]。本研究では生長モデルをシュート構造を再現する形状制御部と制御を行う生長制御部に分割し、それぞれが情報を交換しつつ処理を行うことで現実の樹木に近い生長シミュレーションを実現することを目標としている。今回は生長制御部を実現するプログラムを作成してシミュレーションを行い、複数の異なった代表的な枝形状について本手法で表現可能であることを確認した。

2. 生長モデル

本手法の生長モデルは樹木の形状データを生成する形状生成部および、水、養分、ホルモン等を管理し生長をコントロールする生長制御部で構成される。また樹木生成には直接関与しないが、その生長ステップを管理する時間管理部がある。以下にそれぞれの概要を示す。

2.1 形状生成部

シュートは樹木の枝、芽、花を包括する概念であり、樹木はシュートのリンク構造によって形成されていると考えられる [4]。シュートの一つである枝は複数の節とそれらをつなぐ節間で構成され、それぞれの節は葉と次世代のシュートである芽をもつ。この枝の節数や節間長、また葉や芽の数や位置を示す葉序 (図 1) などの特徴は様々であるが、同一の樹種の場合どの枝も共通した特徴を持つ。本モデルではシュート単位に樹木の生長を管理し、その形状データ生成規則とデータ管理を形状生成部で行っている。

以下に形状生成部が管理する主な生成規則を示す

- 節数およびその変化規則
- 節間長およびその変化規則
- 葉序 (葉、芽の数、位置等の規則)
- 節での枝屈曲角およびその変化規則

これらの生成規則は樹種ごとにほぼ一定であり、パラメータや規則を変更することで様々な樹種の枝形状に対応することができる。

2.2 生長制御部

現実の樹木は根から吸収した水や無機養分、葉での光合成によって作られた有機養分を分配することで個体の生長を維持している。また個々のシュートの生長は一定ではなく、樹木内部で合成される植物ホルモンによってコントロールあり、それにより頂芽優勢、枝の短枝化 (図 2)、芽の休眠や休眠打破などの性質があらわれる [5]。現実の樹木の生長を表現するにはこれら生長を制御する要素を適切に考慮することが望ましい。水、栄養やホルモンを考慮したモデルは従来からいくつか存在するが、本モデルではこれを生長制御部として樹木の形状データを管理する形状生成部と分離しており、生長処理時にデータを交換することで生長量の制御を行う。

本手法の生長制御の概要は以下の通りである。

- 樹木内部に適切な間隔で制御点を設定
- 各制御点は水、栄養、ホルモンなどのパラメータを保持
- 各制御点は隣接する制御点間でパラメータを伝達
- 各々のシュートは近傍の制御点のパラメータを参照して生長量を決定

形状データと制御点を分離することでそれぞれを独立に管理することができ、制御のモデルや規則の変更にも柔軟に対応することができる。また枝の長短にかかわらず均等に制御点を配置でき、その数も最適に保つことが可能で処理の高速化が期待できる。

2.3 時間管理部

現実の環境を想定した樹木のシミュレーションでは生長の度合、経年変化、季節変化などを適切に表現するために時間の管理が必要になる。本研究の生長モデルは長期間生長する樹木を想定していることから、処理のステップをあまり細かくせず、月ごとに管理を行っている。

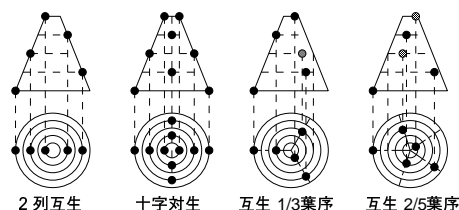


図 1: 葉序

[†]南山大学 数理情報学部

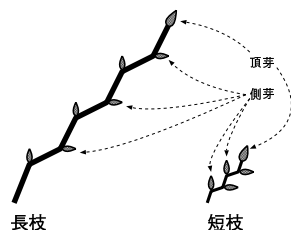


図 2: 短枝と長枝

生長処理としては芽の発芽, 枝の伸長, 屈曲, 開花, 紅葉, 落葉などがある. 一つの月に複数の処理を割り当てたり, 一つの処理を複数の月に割り当てることも可能である.

3. シミュレーション

現在本モデルを実現するプログラムを作成中である. 現状では生長モデルのうち形状生成部, 時間管理部が完成している段階であり, 今回は形状生成部を使用して代表的な特徴をもつ枝の生成シミュレーションを実施した. 以下にその例を示す. 枝は六角柱の積み重ねで, 葉は菱形の平面で表示しており, 芽, 花などの付属物は表示していない. また, 節での屈曲以外の枝の屈曲処理は行っていない.

図 3 は左から順に 2 列互生, 十字対生, 互生 1/3, 互生 2/5 の葉序をもつ枝の生成例である. 互生の枝は節での屈曲がある. 節間長は中央部が長く, 根元と先端付近は短くなるように設定しており, それに合わせて節間長が短い部分では屈曲角を大きく, 長い部分では小さくするように枝を形成した.

図 4 は枝をそれぞれ先端からみた場合である. 各々の枝の葉序が確認できる.

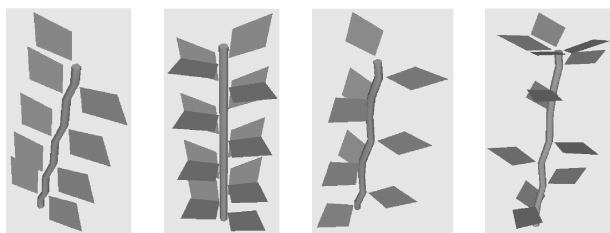


図 3: 枝の生成例

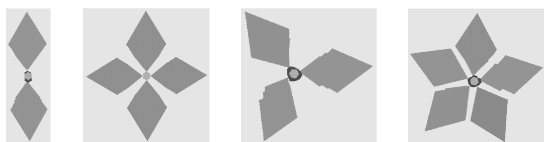


図 4: 枝の生成例 (先端から見た場合)

3.1 樹木の生成例

図 5 は前述の例のうち互生 2/5 葉序および十字対生の枝をそれぞれ 4 世代生長させたものである.

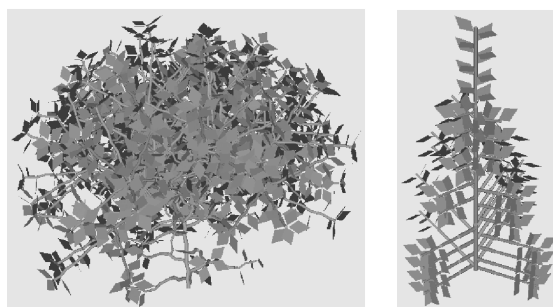


図 5: 樹木の生成例

4. おわりに

本研究では多様な樹種への対応や環境の考慮, 対話的成長操作が可能な樹木の生長シミュレーションの実現を目的とし, シュートを単位としてそのリンク構造によって樹木を表現する生長モデルを考案した. 本モデルは樹木の形状管理を形状生成部で, 生長のコントロールを生長制御部で行い, それぞれが情報を交換しつつ生長を行うことで現実の樹木に近い生長シミュレーションを目指している. 現在完成している形状生成部によって樹種の違いによる枝形状や分枝規則の差異を表現することが可能となった.

今後の課題は, 生長制御部を完成させ, 形状生成部と組み合わせることで樹木の性質の再現や経年変化の表現を実現すること, 環境モデルを構築し, 環境変化に応じた生長の変化の表現を可能とすることがまず挙げられる. その後, 根系の生長モデル [2, 3] と統合し完全な個体としての樹木の生長シミュレーションを目指す予定である.

また対話的な生長のコントロールを実現するために扱いやすいユーザインターフェースの実現や, 多種多様な樹木の生長規則の調査, 収集も重要な課題である.

参考文献

- [1] 金山知俊, 阪田省二郎, 増山繁: “分枝規則を再現し, 光, ホルモンの影響を考慮した 樹木の生長モデル”, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol. J79-D-II, No. 8, pp. 1362-1373, Aug. 1996.
- [2] 大志田憲, 村岡一信, 千葉則茂: “cg のための樹木の根と地上部の統合的成長モデル”, 画像電子学会誌, Vol. 28, No. 4, pp. 367-377, 1999.
- [3] 金山知俊: “植物根系の生長シミュレーション”, 南山経営研究, 第 14 巻, 第 3 号, pp.523-535 Mar. 2000.
- [4] 原襄: “植物形態学”, 朝倉書店, 1994.
- [5] 畑野健一, 佐々木恵彦: “樹木の生長と環境”, 養賢堂, 1987.