

手書きスケッチと例示予測インタフェースに基づく インタラクティブな3D樹木モデルのデザイン手法

岡部 誠 大和田 茂 五十嵐 健夫

概要

手書きスケッチと例示予測インタフェースを備えた、3D 樹木モデルを迅速に簡単にデザインするためのシステムを提案する。提案システムは、樹木の2Dスケッチから3D 樹木モデルを自動的に生成する。アルゴリズムは枝間の距離をなるべく大きくするように枝を広げるという戦略に基づく。また提案システムは、ユーザーの入力を基に例示予測を行い、より多くの枝や葉をデザインするためのインタフェースを備えている。

1. はじめに

現在の樹木の3Dモデリングは主に2つの手法に基づいている。1つにはL-systemsに代表される生成規則に基づく手法である[2]。これらのシステムで生成される樹木モデルやシミュレーションは非常にリアルなものであるが、数式とパラメータ調節はモデリングのためのインタフェースとしては扱いにくく、初心者が気軽に触って、オリジナルの樹木をモデリングできるようなものではない。

もう1つの手法としては、既存の3Dモデルをそのまま、もしくはパラメータ修正を行って使用するものである。しかしこれでは3D 樹木モデルのデザインが与えられたモデルに大きく左右され、自由度の高いモデリング環境とは言えない。

このような問題を解決するために、手書きスケッチ[1]と例示予測インタフェースに基づき、操作が直感的でデザイナーの意図をより反映できるシステムを提案する。図1は2Dスケッチとモデリング結果の3D 樹木モデルである。

2. ユーザ・インタフェース

図2に3D 樹木モデルをデザインする際の、典型的な流れを示す。ユーザはシンプルな2D 樹木をスケッチすることからモデリングを開始する。スケッチを終え、3D ボタンを押すことにより、システムが2D スケッチから3D 樹木モデルを自動的に生成する。ユーザはジェスチャ入力により枝を切断、消去したり、また新たな枝を追加することができる。ユーザはまた、例示予測に基づく編集モードを用いることで、より複雑な樹木形状を作成することができる。

例示予測に基づく編集モードは大きく3つ存在する。Branch Multiplication モード(図3)では、ユーザはより多くの子枝を指定した親枝に追加することができる。指定した親枝をクリックして枝を増加させるか、右回転ジェスチャで枝を増加、左回転ジェスチャで枝

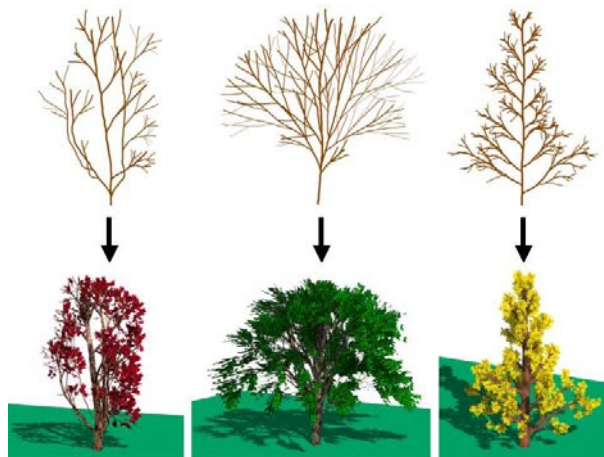


図1. 2D スケッチ (上段) と最終的に得られた 3D 樹木モデル (下段)

モデリングの流れ

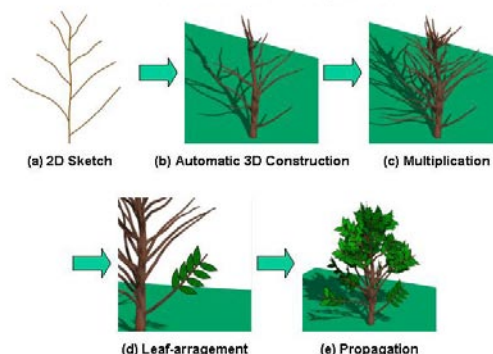


図2. モデリングの流れ (a) 樹木の2Dスケッチ (b) 3D 樹木モデルを生成 (c) Branch Multiplicationにより枝数を増やす (d) Leaf Arrangementにより葉の追加 (e) 葉を他の親枝に伝播した結果

を減少させるというインタフェースを実装してある。また Leaf Arrangement モード(図4)では、ユーザが描いた葉の情報を基に、典型的な葉の生え方(双生、互生、輪生)をシステムがサムネイルとして例示し、ユーザがそれらを選択することで、枝の周囲に葉を生成することができる。最後に Branch Propagation モード(図5)により、子枝集合を他の親枝にコピーすることで、全体的に茂った樹木を生成することができる。このモードでは、サイズを調整して伝播させるものと、サイズはそのまま、葉の数を調整して伝播させるものがある。

- 枝の増殖機能
 - 親枝を複数回クリック or くるくるジェスチャ

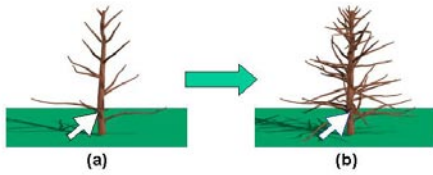


図 3. Branch Multiplication モード

- 葉の生え方に基づく例示予測
 - 双生、互生、輪生

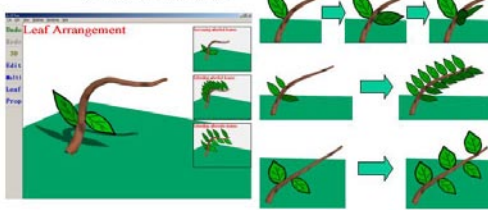


図 4. Leaf Arrangement モード

- 伝播機能
 - サイズを調整して伝播
 - サイズはそのまま伝播



図 5. Branch Propagation モード

3. アルゴリズム

ここで述べるアルゴリズムは、2D スケッチで描かれた枝の奥行き情報を計算するためのものである。計算結果の3D モデルは、あらゆる角度から見たときに同じような概観になるのが目標である。1本の枝に対する基本的な戦略は、その枝と他の枝との距離がなるべく大きくなるように、その枝の位置を決定しようというものである。理想的には、3D ボリュームを作成し、それぞれのボクセルは最も近い枝への距離を保存するようなディスタンスフィールドを内部的に持つべきであるが、枝1本1本の処理ごとに3D ディスタンスフィールドを更新するのは、非常に計算時間がかかるため、ここでは全ての枝を地面に投影したような、2D ディスタンスフィールドを使用する。ディスタンスフィールドを用いるだけでは、枝が奥行き方向に過度に伸びてしまうという現象を押しえられない。無限の長さを持つ枝が、もっとも他の枝との距離を大きくとっていると判定されてしまうからである。これを防ぐために、2D スケッチを囲む2D 凸包を得て、その凸包を押し出して作成した3D 包を用いる。そして解探索の範囲をこの3D 包の内部だけに絞る。他の制約として、枝の長さ、接続する枝同士が作る角度を与え、自然な樹木が得られるようにアルゴリズム

を設計した。

4. 結果

図6に提案システムで、筆者がモデリングした3D 樹木モデルを掲載する。各々の3D 樹木モデルは平均して10分以内のモデリング時間であった。広葉樹モデルは主に、2D スケッチを3D 化し、枝と葉の伝播機能を使うことでモデリングできた。また、Branch Multiplication モードは針葉樹をモデリングする際に便利であることが分かった。

提案システムの有用性を調べるために、ユーザテストを行った。被験者は7名、いずれも提案システムの操作に関しては初心者である。図7は被験者がデザインした3D 樹木モデルと、モデリングに要した時間である。ここに掲載した樹木モデルのいくつかは、独特ではあるが、自然の樹木と比べると不自然だと思われるものがある。しかし、このような樹木こそユーザの意図をより反映しており、既存の生成規則に基づく手法や、モデリングライブラリを用いる手法などではデザインすることが難しかったものである、と言える。

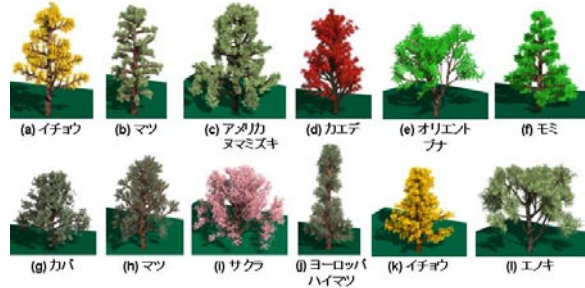


図 6. 筆者による3D 樹木モデル

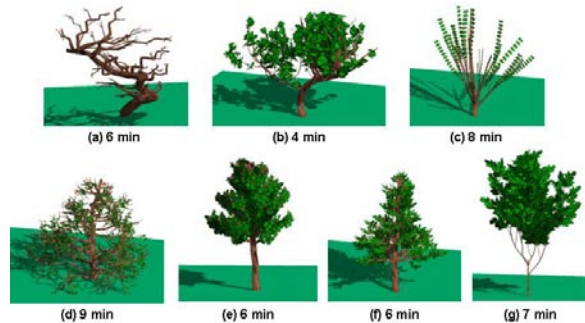


図 7. 被験者による3D 樹木モデル

参考文献

- [1] IGARASHI, T., MATSUOKA, S., AND TANAKA, H. 1999. Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 99*, ACM, 409-416.
- [2] PRUSINKIEWICZ, P., HAMMEL, M., HANAN, J., AND M.CH, R. L-systems: from the theory to visual models of plants. 1996. In *Proceedings of the 2nd CSIRO Symposium on Computational Challenges in Life Sciences*. CSIRO Publishing.