

氏名	桃井 貞美
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲 第639号
学位授与の日付	平成27年9月30日
学位授与の要件	信州大学学位規程第5条第1項該当
学位論文題目	コンピュータグラフィックスによる木材の質感表現の高度化に関する研究
論文審査委員	主査 教授 高寺 政行 教授 乾 滋 教授 上條 正義 准教授 吉田 宏昭 教授 布川 博士（岩手県立大学）

論文内容の要旨

工業製品のデザイン工程において、3次元CADが一般的に用いられるようになり、コンピュータグラフィックス(CG)との併用により、最終的な仕上がりイメージをシミュレーションすることが一般化している。自然の素材を材料とする工業製品のデザインシミュレーションでは、素材の質感表現技術がデザイン評価の結果を左右する重要な要素となる。しかし、これまで木材に関しては、樹種の違いをCGで正確に表現できるレベルには達していない。

本研究の目的は、CGによる木材製品のデザインシミュレーションにおいて求められる、木材質感の高いリアリティを実現することにある。特に、樹種ごとの特徴の違いや節のある材料の模様の特徴、様々な切断面で3次的に整合性のある模様を生成できるシステムの開発を目指した。

第1章では、研究の背景と目的ならびにこれまでのCGを用いた木材の質感表現手法について述べた。これまでの木材の質感表現手法は、大きく分けて2種類に分類される。一つは実写画像を図形表面に張り付けるマッピング法、もう一つは算術的手続きにより3次的に模様を生成するソリッドテクスチャリング法である。前者はリアルなテクスチャを表現可能であるが、曲面形状に適用すると、形状との整合性が得られず、不自然なテクスチャとなってしまう。後者は、曲面形状との3次的な整合性は得られるが、模様が単純かつ規則性が高いものとなってしまうため、リアリティが低くなってしまうという短所があった。本研究では、2つの方法の長所だけを組み合わせることにより、枝分かれによる複雑な年輪形状の表現が可能である骨格モデル法をベースとしている。この骨格モデル法に関して、以下の課題を示した。

- ①骨格軸を複数のノードで定義し、直線で結んで表現していたため、骨格軸の付近で年輪パターンが直線的になってしまう。
- ②ノードの周辺部分において、年輪が不連続な領域が生じてしまう。
- ③多様な樹種の個々の特徴を表現することが難しい。

第2章では、①、②の問題について、骨格軸を自由曲線で表現することにより解決する方法を提案した。この方法では、これまでと同じ骨格軸データから、各ノードを通るベジェ曲線を自動生成し、この曲線骨格軸からの水平距離から成長経過時間を求め、年輪カラーパターンを記録したルックアップテーブルの対応位置から色を参照して画像化する。これにより、これまでよりも滑らかで完全に3次元連続なテクスチャを生成可能になった。

第3章では、③の問題について、自然の樹木に見られる年輪形状のゆらぎの発生をモデル化し、プログラムに組み入れることにより、これまでより自然な木目模様を合成する手法を提案した。木材の骨格形状や年輪パターンなどには「ゆらぎ」が含まれていることが

知られており、それらは $1/f$ ゆらぎの特徴を示していることが指摘されてきた。本研究では、自然の木材の年輪を実際に計測し、これを基に年輪のゆらぎをモデル化し、その特徴の再現を試みた。第3章で提案するゆらぎモデルは、年輪形状のゆらぎを、(1)骨格形状のゆらぎ、(2)年輪間隔のゆらぎ、(3)円周方向の年輪形状のゆらぎの三要素で表現することを特徴とする。この手法により、これまでよりもリアリティが向上していることが、評価実験で確認できた。

第4章では、開発した技術を実装した、汎用的なテクスチャジェネレータの概要について述べた。このシステムでは、市販CGアプリケーションとの連携が可能で、30種類ほどの樹種の年輪パターンデータベースを持ち、ゆらぎパラメータの最適化と合わせて、多様な木材のテクスチャをリアルに表現することができる。また、骨格モデル法の特徴である、枝分かれで生じる節の表現や方角による半径の変化、先細りなどを再現することができる。実際の木材から形状を切り出すようにして、自由曲面上のテクスチャを合成することができることを、合成した画像サンプルにより示した。

第5章では、本研究で得られた成果を、結論としてまとめ、今後の展望について述べた。本研究により、これまでよりもリアルな木材の質感表現が可能となり、市販CGアプリケーションと連携して工業製品のリアルな完成予想図を作成できるようになった。今後の展望としては、年輪カラーパターンの色補正による最適化と年輪のゆらぎ形状の樹種ごとの最適化を行い、より多数の樹種の特徴をさらにリアルに表現できるようにしたいと考えている。