

## 木目模様デザインシステムの開発

## Development of Design System for Wood Grain Pattern

80816160 柴崎慧(Satoshi Shibasaki)

Supervisor 青山英樹(Hideki Aoyama)

## 1. 緒言

木目模様は人に安らぎや暖かな柔らかい印象を与えるため<sup>[1]</sup>、家具、電化製品、住宅や自動車の内装など工業製品の意匠要素として幅広く用いられている。木目模様を工業製品の表面に形成する方法の一つとして、木目模様を印刷して製品表面に貼り合わせる木目プリントがある。木目プリントは、コストを低くできるばかりでなく、経年劣化が少なく、広い面積に対して色揃え・色合わせが容易であるため扱いやすく、近年では、木材表面の凹凸をエンボス加工で成形を可能にするなど精巧さを増しており、今後益々広く利用されていくものと考えられる。しかし、木目プリントの原画は実樹木の切断面の写真から作られており、望まれる木目模様を得るために、様々な樹木の様々な切断面を得なければならず、また、得られる木目模様にも限りがあるのが現状である。このため、コンピュータグラフィックスによって木目模様の表現技法を確立することは、木目プリントの分野におけるデザイン工程の合理化と、デザインそのものの多様化を図る上で有用である。

本研究では、自然環境条件を基にした樹木の生長シミュレーションにより、様々なデジタル樹木を構築するとともに、任意の切断面を生成して多様な木目模様をデザインするシステムの開発を目的としている。

## 2. デジタル木目模様の生成手法

## 2.1 生成概要

デジタル木目模様は、樹木生長シミュレーションによりデジタル樹木を構築し、そのデジタル樹木の切断面より獲得される。樹木生長シミュレーションは、公的機関より公表されている各地域の気象データを用いて、樹木の生物学的性質に基づいた生長モデルに基づいて行われる。デジタル樹木は、樹木生長シミュレーションによって得られた生長データを基に、独自に提案する仮想エネルギー法を用いて構築される。

以下において、樹木生長のモデル化、デジタル樹木構築の手法、およびデジタル樹木の切断による木目模様生成法について述べる。

## 2.2 樹木生長のモデル化

樹木は、軸方向の生長である伸長生長と幹径方向の生長である肥大生長により形成される。本研究では、樹木の肥大生長に対して生育環境の影響を考慮した肥大生長モデルを構築し、さらに、肥大生長モデルを基礎として伸長生長モデルを構築した。

肥大生長は、樹幹に毎年付け加わる新しい木材の断面積がほぼ一定<sup>[2]</sup>という樹木の性質を基に、等差数列によりモデル化を行った。1年間に生長する断面積増加量を $dS$ 、 $n$ 年目の樹幹断面積を $S_n$ 、樹幹半径を $R_n$ とおくと、等差数列の一般項と円の面積から $n$ 年目の樹幹半径 $R_n$ は式(1)より求められる。

$$R_n = \sqrt{\frac{S_1 + (n-1)dS}{\pi}} \quad (1)$$

各年の断面積増加量 $dS$ は、水、温度、光の3要因によって算出される光合成速度によって導出される。

伸長生長モデルは、小川が提案している直径と樹高の関係式である拡張相対生長式<sup>[3]</sup>を用いて構築された。 $n$ 年目の樹

高を $H_n$ 、樹幹半径を $R_n$ とおくと、樹高 $H_n$ は式(2)より求められる。

$$\frac{1}{H_n} = \frac{1}{A(2R_n)^h} + \frac{1}{H^*} \quad (2)$$

上式において、 $H^*$ は樹種に依存する最大樹高、 $A$ は樹種に依存する定数である。これらの生長モデルによって、樹木が生育した各年の生長量（肥大生長量・伸長生長量）が算出される。

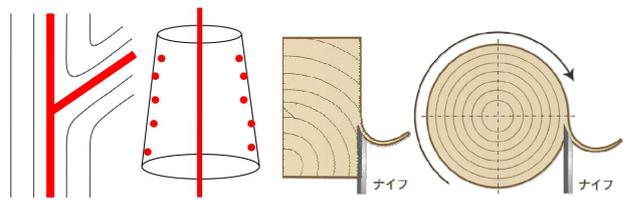
## 2.3 デジタル樹木の構築

木目模様の重要な意匠要素である生長輪、節、瘤を表現するため、デジタル樹木のモデリングに対して、鶴岡のポテンシャル法<sup>[4]</sup>を応用した仮想エネルギー法を提案する。仮想エネルギー法では、図1(a)、(b)において太い実線や点で示されるように、樹幹および樹枝の中心線部分に線電荷を、そして樹瘤に点電荷を与え、樹木モデルを構築する。生長シミュレーションで求められている各年の樹幹半径に相当するエネルギーを求め、電荷により形成される等エネルギー面を抽出することにより、樹幹や樹幹内部の生長輪、樹皮、枝皮を表現する。さらに、樹幹形状・樹枝形状は、複数の正弦波を合成した関数を半径方向に加算し形成される。このことにより、生長輪、樹皮、枝皮の半径方向値に対してゆらぎ付与している。本研究では、このように導出されたデジタル樹木情報よりソリッドテクスチャモデルを構築し、デジタル樹木として表示する。

## 2.4 デジタル樹木の切断

木材加工現場で用いられている切断方法は、図2(a)に示す平面で切断するスライス切断と、図2(b)に示す丸太を桂剥きのように切断するロータリー切断に大別でき、前者は柾目や板目模様を、後者は空目模様を取り出すために適用されている。ロータリー切断では、丸太の中心軸と切断回転軸をずらすことにより、そのずれ量に応じて多様な木目模様を生成できる。回転軸をずらしたロータリー切断は、ハーフロータリー切断と呼ばれる。本研究で開発したシステムは、任意断面でのスライス切断および切断回転軸を任意に設定したロータリー切断により、木目模様の生成を可能としている。

デジタル樹木の切断面の模様は、切断面上のソリッドテクスチャデータより色情報を参照し、BMP画像として出力される。スライス切断では、設定された切断平面上の色情報が参照される。ロータリー切断では、設定された切断開始半径からアルキメデス螺旋上の色情報が参照され、ハーフロータリー切断では設定された値だけ中心軸を移動させてアルキメデス螺旋上の色情報が参照される。



(a)幹と枝 (b)幹と瘤 (a)スライス切断 (b)ロータリー切断  
図1 デジタル樹木の骨格 図2 樹木の切断方法<sup>[5]</sup>

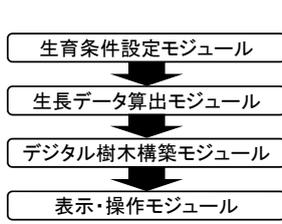


図3 システム構成

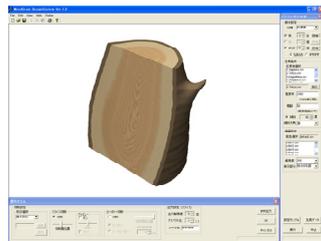


図4 インタフェース

### 3. 木目模様デザインシステム

#### 3.1 全体構成

上述のアルゴリズムを基礎として、木目模様デザインシステムを開発した。図3に示すように、本システムは、4つのモジュールから構成されている。システムの実行概要は次のとおりである。

- (1) 生育条件設定モジュールで樹木を生育する環境と樹木の条件を設定する。
- (2) 生育条件設定モジュールから受けた情報を元に、生長データ算出モジュールによって、樹木の各年の肥大生長量、伸長生長量を求める。
- (3) デジタル樹木構築モジュールにより、生長輪間の色データの導出と、最外生長輪の曲面生成を行う。
- (4) 表示・操作モジュールによって、生成されたデジタル樹木を表示し、切断面を操作して木目模様を生成する。

システムの開発には Visual C++. NET 2003 と 3次元グラフィックスライブラリである OpenGL を用いた。インタフェースは図4に示すように、生育環境や切断条件を入力するパネル部と、デジタル樹木が表示される描画部に分かれおり、切断面設定は描画部を確認しながらマウスドラッグで対話的に操作できる。

#### 3.2 実行結果

デジタル樹木の生成例を図5に示す。仮想エネルギー法により枝分かれや瘤を生成できることを確認した。また図6に示すように、本システムは、STLデータ形式により切断面形状を与えることにより、デジタル樹木を任意形状に切断し、その木目模様を生成することが可能である。

図7は、樹幹半径に揺らぎを付与しなかったデジタル樹木のスライス切断により得られた柾目模様と板目模様を示している。また、図8、9は、同樹木をロータリー切断、ハーフロータリー切断して得られた木目模様を示している。

図10は、枝分かれを有する樹木をスライス切断した際の節周りの木目模様を示している。仮想エネルギー法により、枝の影響を受けた幹内部の枝周囲の生長輪が現れていることが確認できた。

図11は、樹幹半径にゆらぎをもつ樹木を板目方向にスライス切断して得られた木目模様を示している。周期が異なる4正弦波を合成したゆらぎ関数により、縮み杻模様が生じることが確認できた。

図12は、瘤をランダムに50個配置したデジタル樹木をロータリー切断して得られた木目模様を示している。瘤を含んでいないデジタル樹木の切断模様と比べ、複雑な模様が生じている。

樹木生成のパラメータを調整して半径方向のゆらぎを付与することにより、図13に示す瘤杻模様や図14に示す渦杻模様の生成も可能であり、これらの模様は木目模様として意匠性が高く、本システムの工業上の有用性が確認できた。

### 4. 結 言

本研究では、デジタル樹木構築の方法を提案し、自然な印



図5 デジタル樹木



図6 任意形状切断

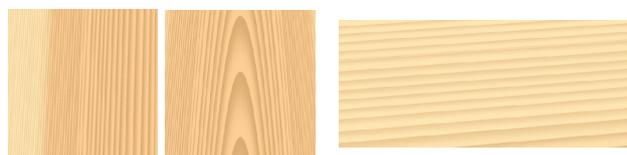


図7 スライス切断

図8 ロータリー切断



図9 ハーフロータリー切断

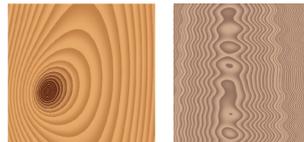


図10 節

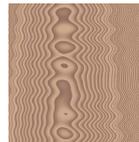


図11 縮み杻



図12 ロータリー切断 (瘤有)



図13 瘤杻



図14 渦杻

象を呈示する木目模様のデザインを可能とするデザインシステムの開発を行い、生成されたデジタル木目模様について検討した。以下に得られた成果を示す。

- (1) 自然樹木の生長をモデル化し、デジタル樹木の生成シミュレーション法を開発した。
- (2) デジタル樹木生成シミュレーションデータに基づき、仮想エネルギー法を用いてデジタル樹木構築法を提案した。
- (3) デジタル樹木を任意の切断面で切断し、切断方法に応じた所望の木目模様が得られることを確認した。
- (4) 様々なデジタル樹木の切断面を検証し、自然な印象を呈する多様な木目模様を生成できることを確認した。

#### 参考文献

[1] Wei, S. and Ping, S. : The research on emotional design, Proc. IEEE Conf. on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, (2008), pp.105-108.  
 [2] ピーター・トーマス：樹木学，築地書館，(2001)，p.154.  
 [3] 小川辰入：個体群の構造と機能，朝倉書店，(1980)，p.221.  
 [4] 鶴岡信治：ポテンシャル法を用いた木目の表示方法について，NICOGRAPH'85 論文集，(1985)，pp.83-88.  
 [5] HOXAN, LTD. : 2009-2010 GENERAL CATALOGUE., p.82.