

## エネルギーモデルに基づくイラスト向け樹木描画システム Tree Drawing System for Illustration based on Energy Model

眞間 梓<sup>†</sup> 中島 克人<sup>†</sup>  
Azusa Mama Katsuto Nakajima

### 1. はじめに

イラストの作成において、枝葉が細かい樹木の描画は人手では時間のかかる作業である。加えて、同じ種類の樹木を複数並べる際に、形状は異なるが同類であると感じさせる樹木を複数描くことも容易ではない。そこで、計算機による樹木の絵の生成に期待がかかる。

樹木の枝は似たような構造が繰り返し現れるという規則性を持っている。この規則的な構造に着目した樹木を生成する手法として、線分を短くしながら再帰的に図形を描画する樹木曲線や、手続き型表現を利用したL-System[1]などが知られている。手続き型表現は複雑な構造を容易に表現できるため、樹木の3次元モデリングソフトにおいて数多く利用されている[2][3]。さらに、この手法を利用した、樹木の3次元モデルの生成に関する研究も多い[4][5][6]。

樹木のイラストを得る場合、これらの3次元モデルの2次元へのレンダリングで可能となる。しかし、樹木の中心部が密集することから、抽象的な、あるいは、平板な表現のイラストを得ることは難しい。

そこで我々は、樹形(の多様性)のみならず、平板さの度合いの調整も可能な2次元の樹木描画システムを開発した。本システムは、エネルギーで樹木の生育度合いを、そして、枝葉の密度情報で枝の重なり具合を制御できることを特徴とする。

本稿では、再帰的な構造に着目した樹木の生成手法とその評価について報告する。

### 2. 提案手法

本システムでは、樹木曲線のような再帰的描画により、樹木を生成する。生成する樹木のタイプは、2方向へ枝分かれを繰り返す樹木 A と、3方向へ枝分かれを繰り返す樹木 B の2種類を用意した。樹木 A は、主枝と側枝の区別なく成長するタイプで、樹木 B は主枝を中心にその周りに側枝が伸びながら成長するタイプである。

#### 2.1 エネルギーモデル

再帰が無限に繰り返されることを防ぐため、終了条件としてエネルギー量を定義する。初めに与えられたエネルギーは、枝の分岐毎にそれぞれの枝に分配されていく。エネルギーが一定量以下になった時点で再帰を終了し、枝の先に葉(もしくは花)を描画する。

与えるエネルギーの量によって、樹木の葉の量が変わる。エネルギーを  $e$  とすると、図 1 に示す通り、与えるエネルギー量によって樹木の成長度合いが変化する。

#### 2.2 樹木の多様性

枝が分岐する際のエネルギー分配の割合と枝の伸びる角度は、以下に述べるように乱数を用いて多様性を持たせる。

<sup>†</sup> 東京電機大学大学院未来科学研究科 Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

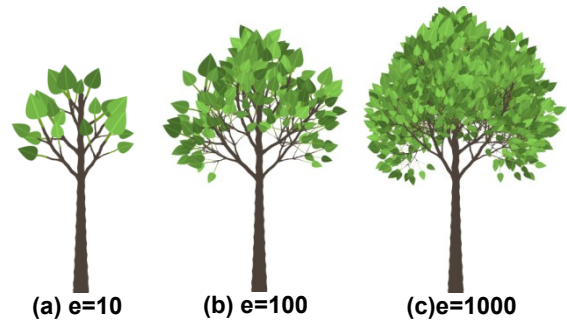


図 1 樹木 B のエネルギー量による差

#### 2.2.1 エネルギー分配の割合

枝分かれ先を小枝、枝分かれ元を親枝とすると、枝分かれの時点で、親枝が持つエネルギーは小枝に分配される。枝の長さ、太さはエネルギー量に応じて変化し、エネルギーが多いほど、枝は長く、太くなる。

樹木 A の場合、エネルギー分配の割合は、一方の枝にある範囲(今回は 0.1~0.9)の割合の中からランダムに与えられ、もう一方の枝に残りのエネルギーが与えられる。エネルギーを多く分配された枝は長く伸びるため、分配の割合によって、最終的な樹形が大きく変わり得る。例えば、図 2 に示す通り、エネルギー分配の割合が比較的均等な場合には樹高は低くなり、偏りが大きい場合には樹高は高くなる傾向がある。

樹木 B の場合、主枝にある範囲(今回は 0.5~0.6)の割合のエネルギーを与え、残りのエネルギーを 2 本の小枝で分配する。主枝は曲がることなく伸びるため、エネルギー分配の割合にかかわらず、樹形は大きく変化しない。



図 2 樹木 A のエネルギー分配による高さの違い

#### 2.2.2 枝の角度

枝の伸びる角度は、樹木タイプごとに設定された範囲内の乱数で決定する。

表 1 枝の伸びる角度

樹木タイプ	樹木 A	樹木 B
枝分かれの方向		
主枝		0 度
側枝 (右方向)	-45~45 度	15~60 度
側枝 (左方向)		-15~60 度

## 2.3 枝の重なり具合の制御

枝の重なり具合を制御するために、密度を定義する。描画面を指定されたピクセル幅のメッシュ状に分割し、枝の分岐点もしくは終端点に位置するメッシュに密度値を加算する。加えられる値は枝の太さに応じて変化する。

### 2.3.1 空間の取り合い

枝を伸ばす時に、ユーザーが指定した数の角度候補を生成する。この中から、密度値が最も小さい座標に伸びる角度を選択することにより、枝同士で空間の取り合いを行う。空間の取り合いを行った生成結果の一例を図3(b)に示す。

### 2.3.2 枝落ち

枝が伸びる先の密度がユーザーの指定した閾値以上だった場合、その時点で枝の成長を終了(枝落ち)させることができる。これにより、枝の重なり具合を更に強く制限することができる。前述の空間の取り合いと、枝落ちを許可した生成結果の一例を図3(c)に示す。基本状態である図3(a)と比較して、枝の密度が低くなる。

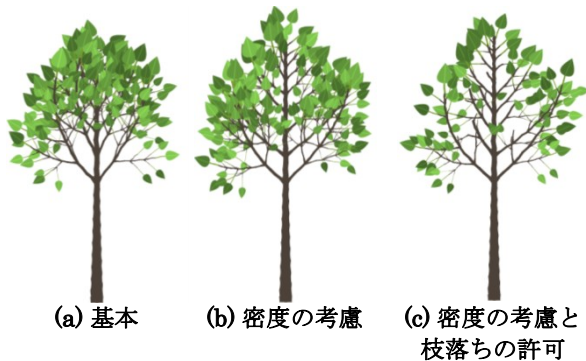


図3 枝の重なり具合を制御した生成結果

## 3. 評価

本システムによる樹木生成時間と、本システムで生成した樹木の印象評価を行った。

### 3.1 生成速度

エネルギー量を変えて樹木Aと樹木Bをそれぞれ生成するまでにかかる時間を計測した。評価に用いたPCは、Intel Core i7-3517U (1.90GHz 2.40GHz)、メモリは8GBである。表2は、30回生成した平均時間である。

表2 生成速度

樹木タイプ エネルギー	樹木 A	樹木 B
100	207 msec	519 msec
500	870 msec	2492 msec
1000	1690 msec	4789 msec

### 3.2 イラストの抽象度合いの評価

12人の被験者に、本システムで生成した図4に示す9本の樹木の絵を、抽象度(平板さ)に応じて7段階に分類させた。分類の際には、抽象度が異なると誰でも判断できるであろう3種類のイラストをネット上等から収集し、これらを分類見本として予め示した。9枚の絵を、基本、密度の考慮、密度と枝落ちの考慮の3種類に分けた分類結果は図5の通りであり、枝の重なり具合の制御によって分類が分かれる傾向があった。この結果から、本システムにおいて、様々な抽象度合いの絵を生成できることがわかる。

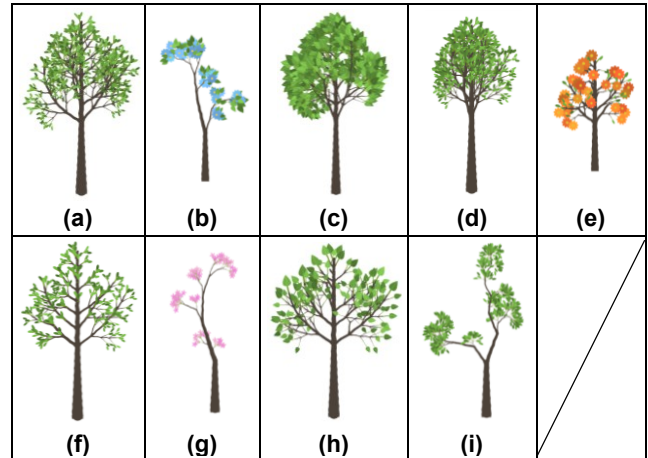


図4 本システムで生成した樹木の絵の例

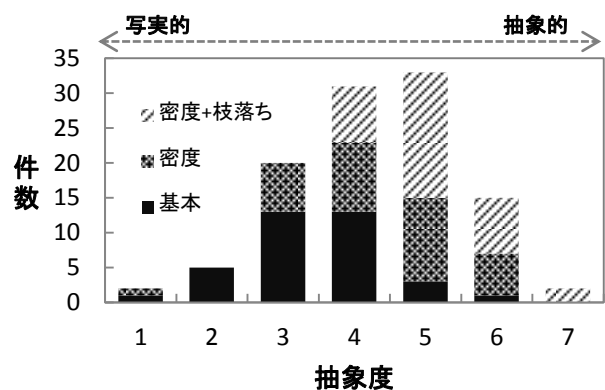


図5 抽象度印象評価の分布

## 4. まとめ

本研究では、エネルギーモデルに基づく樹木描画システムの開発を行った。エネルギーモデルを用いることで、多様な樹形を生成できるようになった。さらに、密度情報を用いることで、枝の重なり具合を制御し、より平板な印象の絵を生成できるようになった。重なり具合の制御と、葉の形によって、様々な表現の樹木の絵が生成できた。

今後の課題として、生成結果のバラつき度合いを直感的な操作で制御できるようにツール化すること、そして、さらに詳細に、重なり具合の制御を可能にすることが挙げられる。枝の重なりだけでなく、葉の重なり具合も考慮することで、より平板な印象の絵が表現できるようになると考えられる。

### 参考文献

- [1] A.Lindenmayer, "Mathematical models for cellular interactions in development I. Filaments with one-sided inputs", Journal of Theoretical Biology, pp.280-299 (1968).
- [2] 株式会社オーク, "Xfrog", <http://www.oakcorp.net/xfrog/> (2013/06/29アクセス).
- [3] "speedtree", <http://www.speedtree.com/> (2013/06/29アクセス).
- [4] Talton, Jerry O., et al. "Metropolis procedural modeling.", ACM Transactions on Graphics (TOG), Vol.30, Issue 2, No.11 (2011).
- [5] Palubicki, Wojciech, et al. "Self-organizing tree models for image synthesis.", ACM Transactions on Graphics (TOG), Vol. 28, No. 3 (2009).
- [6] Longay, Steven, et al. "Treesketch: interactive procedural modeling of trees on a tablet.", Proceedings of the international symposium on sketch-based interfaces and modeling. Eurographics Association, pp.107-120 (2012).