

相互作用を考慮した樹群のイメージ生成

2R-1

山下彰一 高井昌彰 佐藤義治
北海道大学 工学部

1 はじめに

CGは建設計画や都市計画、景観シミュレーションなど、様々な分野で広く実用されている。自然物を対象としたCG表現についても多くの研究がなされており、その中で樹木の画像生成は自然景観や都市景観のシミュレーションにおいて重要な位置を占める[1,2]。特に公園や街路樹並木などの植樹計画や熱帯雨林の伐採計画、ヘリコプターなどの低速低空飛行機用フライトシミュレータの景観シミュレーションにおいては、樹木の成長過程を考慮し、より自然な樹木の空間配置を可視化する事が重要である。

自然における樹木の形状形成は遺伝的要素、生理的プロセス、外的環境など、内的・外的な多くの要因によって影響を受けるが、これらの要因は相互に関連しあい複雑に作用している[3]。そのため、自然な樹木の表現を得る上で樹木成長時の環境全体の影響を考慮することが不可欠である。

我々は、基本的な樹形の生成パターンを遺伝子レベルで、できるだけ簡潔に符号化し、周囲の環境の影響を受けながら成長する樹群形成モデルを提案している[4]。本稿では、本モデルを用い個体間の競争も含めたシミュレーションを行ない、樹群のイメージ生成を試みる。

2 モデリング

2.1 樹木単体の成長

樹木の形態の基本パターンは遺伝子レベルで決定されていると考え、その特徴の符号化を行なう。

遺伝子に含まれる情報としては右表の因子を考える。これらを一次元の列 $abcdefg$ と符号化することで、1本の樹木の遺伝子を構成する。

樹木の各枝の成長の流れを以下に説明する。

1. まず成長点(枝先)における受光量を求める。
2. 各枝の成長方向を決定する(2.2参照)。
3. 時刻 t の枝の長さ $L(t)$ は、因子 a, d 、受光量と土地からのエネルギー E を用いて次式で決定する。

$$L(t+1) = F(L(t), a, d, E)$$

ここで F は各引数に対する単調増加関数である。

4. 条件 $E > \alpha$ (分枝閾値) が成立すると分枝を発生する。子枝は b 本に分かれ、その初期方向は角度 c で決定する。また、因子 d により主軸と側枝の成長の違いを表現する。
5. 条件 β (樹木の分枝回数) $> f$ が成立すると種蒔きが行なわれ、 $(\beta+1) \times g$ 個の種子が蒔かれる。その際、種蒔き時の風力・風向を考慮し種子の広がり分布を決定する。

「成長」に関する因子	
a	成長力(高さ、太さ)
b	分枝数
c	角度(成長方向との角度と子枝間の角度)
d	主軸と側枝の割合
e	成長方向変化の許容値
「増殖」に関する因子	
f	種蒔きを行なう条件
g	種子の数

2.2 樹群における相互作用

自然な樹群を形成するため、本成長モデルは以下の点を考慮している。

● 環境に見あった成長と枯死

受光量は空間をメッシュ状に細分化した各セルにおいて計算され、成長に反映させる。ただし、各セル上の受光量計算の際、セルへの日光をさえぎる他の樹木の枝や葉が存在する場合は、それに応じて受光量を減少させる。以上により受光量を計算し、土地からの養分と合わせてエネルギー値 E を決定する。

集団を扱う成長モデルにおいて重要なのが個体間の競争である。日光、水分やその他の養分に対する競争が炭水化物やホルモンの合成に影響するため、競争に負けた場合、養分などの不足は樹木の成長を妨げ、さらに養分の吸収が阻害され、競争力を弱めるという悪循環に落ちいる。競争に敗れた樹木は他にも、養分吸収の減少のため枝の枯死が生じる。そこで枝の枯死閾値を設定し、条件 $E < \gamma$ (枯死閾値) が成立すると枝の枯死が起こる。

● 光探索性

広葉樹などはより多くの葉が効率良く光を受け取るために、受光量の少ない枝はより光を受けやすい方向に

成長する性質(光探索性)が強い。実際の樹木を観察すると、このような成長により形成されたと思われる枝振りが多く見られる。

そこで、樹木の自然な枝振りを表現するため、成長点からみて明るい方向を探索し、次期の成長方向として採用することで、光探索性を表現した。ただし、枝先の方向変化はある程度制限され、個体固有の因子 e がその最大値である。

3 レンダリング

本樹群形成モデルによって生成された樹群のデータの描画には、SunVisionTMのボリューム・レンダリングツールSunVoxelTMを使用した。本モデルは樹木1本ではなく樹群に注目していることから、3次元空間に存在する立体の表面だけでなく、内部を含む一塊を直接レンダリングすることのできるボリューム・レンダリングが好ましいと考えたからである。

ボリューム・レンダリングは中身のつまんだ立体の可視化を目的にしているため、3次元座標上に規則正しく格子状に並んだ立方体を考え、それらに属性値を持たせる。この立方体をボクセルという。使用したSunVoxelTMではボクセルが持つ値は0~255の整数値であり、それが対象とする物質の色や密度を表している。

本モデルで生成されたデータとの対応づけに当たり、可視化する対象を枝(幹)、葉、土地の3種類に分けた。生成された枝の座標データから、枝の存在しているボクセルには枝の属性値を与える。さらに、先端の枝にはそれぞれその枝の周囲に一樣に葉が分布していると仮定し、その枝の周囲のボクセルに一定確率で葉の属性値を与えた。

以上、本成長モデルによって生成されたデータを基に、樹群の成長過程を描画した結果を図1に示す。シミュレーションは土地に1つの種子を蒔くことから開始する。図1(1)は樹木が9本(16世代後)のときを、図1(2)は樹木の本数が41本(25世代後)になったときをそれぞれ描画したものである。なお実験はSun SPARCstation 2GSで行なった。

4 まとめと今後の展望

本稿では自然景観シミュレーションを目的として、樹木の形状形成に影響を与える遺伝的要素や外的環境を考慮し、個体間の競争を取り入れた樹群形成モデルを提案し、それをを用いて樹群のイメージ生成を行った。

現在は成長モデルにおいて形状データを生成し、その情報に基づいて樹群をレンダリングしているが、モデラーとレンダラーのより一般的なインターフェイスとして、汎用の樹群記述言語を考慮中である。この言語は樹木を描くためのデータ構造を有するものであり、樹木形状の座標、幹や葉の色の分布などのデータ型を持つ。これにより、成長モデルによって生成された形

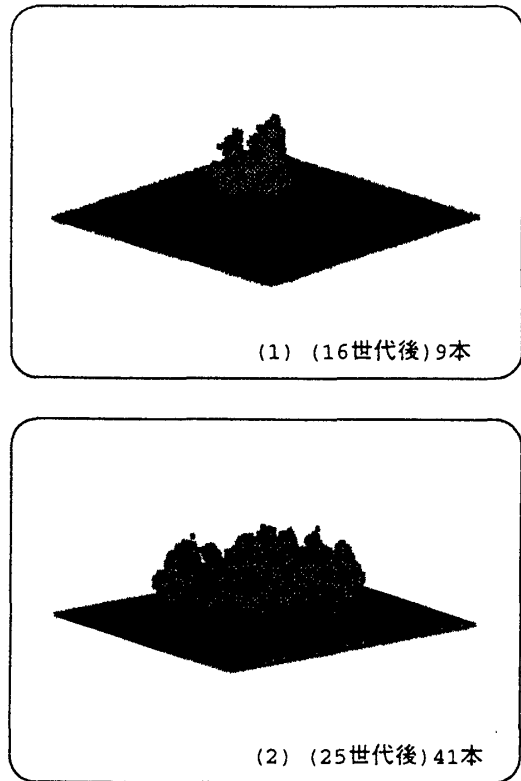


図1: 樹群の成長過程の可視化

状データをそのまま描画するだけでなく、ユーザが対話形式で樹群の配置替えを行なうことや、部分的な樹木の伐採を評価することが容易になると思われる。また、さまざまな可視化ツールへの対応も可能となる。

今後の課題としては、樹群記述言語を含む統合的な樹群成長シミュレーションシステムの構築を考えている。

参考文献

- [1] Masaki Aono and Tosiya L. Kunii: "Botanical Tree Image Generation", *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.4, no.5, pp.10-34, 1984
- [2] 金丸 直義, 千葉 則茂, 高橋 清明, 斉藤 伸自: 向日性による樹木の自然な枝振りのCGシミュレーション, *電子情報通信学会論文誌*, vol.J75-D-II, no.1, pp.76-85, 1992
- [3] 堤 利夫, 佐藤大七朗: 樹木 - 形態と機能 -, 文永堂, 1978
- [4] 山下 彰一, 日高 東潮, 高井 昌彰, 佐藤 義治: 個体間の相互作用を考慮した樹群の形成シミュレーション, *情報処理学会第48回全国大会講演論文集(2)*, pp.389-390, 1994