

樹木生成におけるブレンドの応用

2V-1

林田 哲哉† 島崎 眞昭‡

(†九州大学工学部 ‡九州大学大型計算機センター)

1. はじめに

近年、コンピュータ・グラフィックスの分野において、自然物体のモデリングの研究が盛んである。中でも植物の自動生成はフラクタルを応用する手法が有効であることが分かっている。現在までに我々は、3次元自己相似縮小関数を反復適用した樹木パターンの生成、またそれに葉を付着した樹木のイメージの生成を試みてきた[1][2]。しかし、このようなフラクタルを応用して出来る樹木は円錐の集合としてレンダリングされることが多く自然界の樹木とは異なっている。今回、我々はブレンドを適用することにより枝と枝の連続を表現し、現実感のあるイメージの生成を試みた。

2. 樹状パターンの生成

フラクタルによる樹状パターンの生成は次のような自己相似縮小写像関数を初期図形 K_0 に反復適用することによって行う。

$$K_{i+1} = K_0 \cup f_0(K_i) \cup f_1(K_i) \cup \dots \cup f_m(K_i) \quad (i = 0, 1, 2, \dots)$$

今回、初期図形 K_0 は、簡単のために線分とし端点 A, B の座標のみを与え、これに関数を反復適用し樹木パターンを生成することにした。また3次元の自己相似縮小写像関数には、回転、縮小、並行移動のみのアフィン変換を用いることにした。このアフィン変換は次のパラメータで決定され、図1に示すようになる。

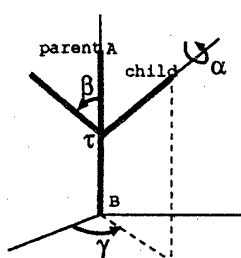


図1 アフィン変換

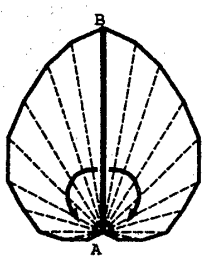


図2 葉の生成

- α_m : 子枝自身の回転角 ($0 \leq \alpha_m \leq 360$)
- β_m : 親枝の中心軸と直行する軸の周りの回転角 ($-90 \leq \beta_m \leq 90$)
- γ_m : 親枝の中心軸の周りの回転角 ($0 \leq \gamma_m \leq 360$)
- r_m : 子枝の親枝に対する位置 ($0 \leq r_m \leq 1$)

- λ_m : 枝の長さの縮小比率 ($0 \leq \lambda_m \leq 1$)
- ϵ_m : 枝の太さの縮小比率 ($0 \leq \epsilon_m \leq 1$)

3. 葉の生成及び付着

葉の形状は Lindenmayer の論文[3]を参考にして作成している。線分の端点を固定し、回転させながら縮小していき、その端点群をむすぶと葉の形状が出来る(図2)。線分を縮小する際に用いる関数によって様々な葉を表現できる。レンダリングにおいては葉はポリゴンで表現し、また葉の付着については文献[4]を参考にした。

4. ブレンド

ブレンドの手法には、現在までに様々な手法が提案されているが、今回、Joe Warren の論文[5]を参考にした。2つの被ブレンド面 ($G_1 = 0$), ($G_2 = 0$) と、その各々の面と交差する面 ($\hat{G}_1 = 0$), ($\hat{G}_2 = 0$) クリップ面を陰的に定義するとき、2つの被ブレンド面をクリップ面との交線に沿って C^k 連続でブレンドする面 ($F = 0$) は次のようなイデアルの形で与えられる。

$$F \in (G_1, \hat{G}_1^{k+1}) \cap (G_2, \hat{G}_2^{k+1})$$

一般に n 面をブレンドする面 ($F = 0$) は

$$F \in (G_1, \hat{G}_1^{k+1}) \cap (G_2, \hat{G}_2^{k+1}) \cap \dots \cap (G_n, \hat{G}_n^{k+1})$$

となる。特にクリップ面を同一にする ($K = 0$) 場合は、次のような形が有効であるとされている。

$$F = \prod_i G_i + aK^2$$

クリップ面を同一にしない場合、ブレンド面 ($F = 0$) には様々な形が考えられるが、今回我々は次のような式を採用した。

$$F = \sum_{i=1}^n a_i \hat{G}_i^{k+1} \prod_{j=1, j \neq i}^n G_j$$

5. インプリメント

既存のレイトレーサを拡張し、ブレンド物体をレンダリングする。今回の手法を用いる場合、ブレンド面を記述するためには、被ブレンド面とクリップ面の記述、およびブレンド面の多項式の記述が必要である。ここでは

An Application of Blending to Constructing Fractal Trees.

Tetsuya HAYASHIDA, Masaaki SHIMASAKI
Kyushu Univ.

ブレンドを記述する言語仕様はつぎのようにした。

```
blend expression( $o_n, c_n$ )
  origin_object(polygon, sphere, cone ...)
  ...
  clip
  clip_object(polygon, sphere, cone, ...)
  ...
end_blend
```

これは *expression* で表された面の *clip_objects* で囲まれた部分のみを表現しているオブジェクトである。 *expression* は *origin_objects* および *clip_objects* の多項式を O_i, C_i で表し、これを要素とする式の形で記述する。

6. 実験

樹状パターンを生成し、枝を円錐を用いてレンダリングするが、親枝と子枝の繋がりには、子枝が親枝の円錐の側面と繋がる従属的な場合と、子枝が親枝を継続する形で繋がる場合がある。図3,4に示したように、従属的に繋がる場合、クリップ面を球とし同一クリップ面とし、また継続的な場合、各々の円錐について平面のクリップ面を定義した。実際に樹木をレンダリングした結果を図5に示す。

7. むすび

樹木を生成する手法として3次元自己相似縮小関数を用いて木構造を生成し、レンダリングにおいて単なる円錐の集合をブレンドして枝と枝の接続を表現した。これにより現実感のあるイメージの生成に成功した。実験では2、3個の円錐のブレンドを考えたが、現実の樹木の構造はもっと複雑であることが多い。今回の方法では複数の物体をブレンドするとき、被ブレンド物体の数が増えるとブレンド面の次数が上がっていくため、更に複雑なブレンド面を考える時、この手法で得られるブレンド面は実用的ではない。区分的にブレンド面を生成する手法が有効であるだろう。

参考文献

- [1] 松坂泰洋：4元数の3次元空間フラクタルを用いた樹状パターンの生成。情報処理学会第38回全国大会, 1992.
- [2] 坂本進：フラクタル樹木と葉の生成。卒業論文 九州大学工学部情報工学科, 1993.
- [3] Przemyslaw Prusinkiewicz, Aristid Lindenmayer, James Hanan: Developmental Models of Herbaceous Plants for Computer Imagery Purpose. Computer Graphics Volume 22, number 4, August 1988.
- [4] 尼川大録, 長田武正：検索入門 樹木2. 保育社, 1988.
- [5] Joe Warren: Blending Algebraic Surfaces. ACM Transactions on Graphics, Vol.8, No.4, October 1989, Pages 263-278.

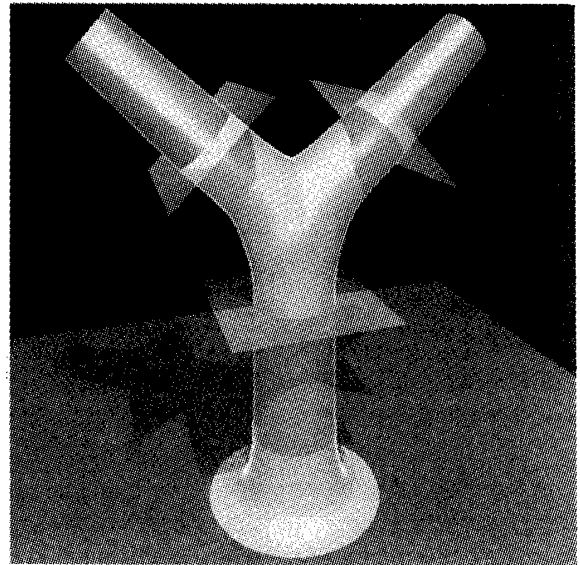


図3 継続的な繋がり

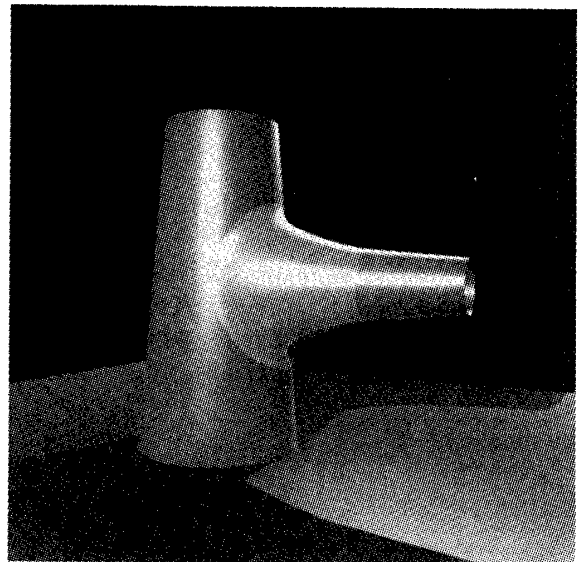


図4 従属的な繋がり

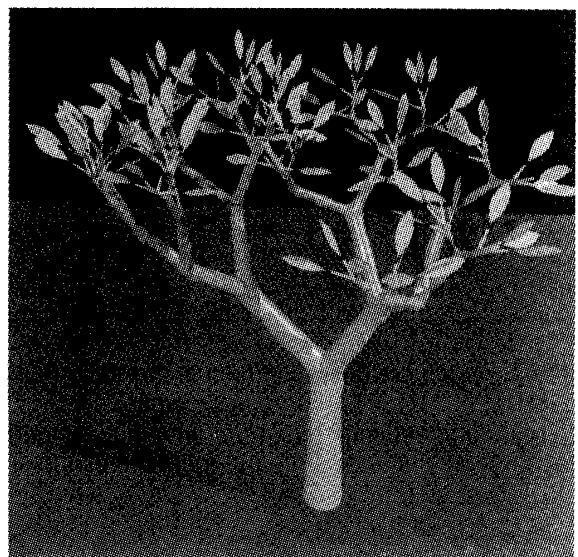


図5 樹木イメージ