2J−2

向日性による自然な枝振りのシミュレーション

金丸直義*　高橋清明**　千葉則茂**　斎藤伸自*
*東北大学　**岩手大学

1. まえがき

コンピュータグラフィクスにおける樹木の画像生成は，自然景観のシミュレーションにおいて重要な位置を占める．庭園や公園，街路樹の並木などの種々の建設計画のための景観シミュレーションや，ヘリコプタなどの低速低空飛行機用フライトシミュレータ用の景観シミュレーションにおいては，特にリアルな樹木の表現が期待される．リアルな樹木の表現には，自然な枝振りのシミュレーションが必要であり，そのためには遺伝的に定まる分枝パターンのみならず，生長環境での獲得形状のシミュレーションが重要となる．これまで，受光量不足による枝の枯死を考慮にいれ，自然な枝の分布密度を与える生長モデルがいくつか提案されているが，得られる樹形は枯死のない分枝による樹形の部分形状となっている．そのため，自然に見られるような，能動的に空間の分布を調整するように棲み分ける，あるいは光を求めて生長した軌跡のような枝振りは得られない．さらに，密集しながらも互いに枯死を避けるように，あたかも互いに交信し合うかのように，うまく空間へと広がりながら伸びる枝振りなどは分枝パターンや枝の枯死のみでは得られない．著者らは，これらの自然な枝振りは，前もってプログラムされた分枝パターンや樹木内の交信によるものよりも，生長点の向日性によるものが多いと考え検討を行ってきている．

本報告では，生長点の向日性を考慮した生長モデルによれば，自重によらない自然な“枝垂れ”や枝の空間の棲み分けにより実現される“丸みを帯びた冠樹”の形成がうまくシミュレーションできることをいくつかの例により示す．このような試みは，安定して動作する堅固で使いやすい生長モデルの構築という工学的な観点に基づくことを断わっておく．

2. 向日性

樹形の生成法としては，手続き的形状定義法により3次元形状データを生成する方法が多数提案されている[千葉89]．これらの方法では，枝の先端に次々と新しい枝を付加(分枝)することによって，全体としての樹形を生成する，という方針を取っている．

分枝規則は，各論文によって多少の差異があるものの，概ね，現在の先端枝(親枝)の延長線から一定の角度だけ回転させた方向に新しい枝(子枝)を付加し，これを再帰的に繰り返すものである(図1)．

一方，自然の樹形では，図2のように，発芽点とその初期方向が乱雑に与えられても，各枝は，自身の生長方向を適切に修正して伸び，樹形全体としては自然な樹冠を形成したり，図3の特に左下のように，横もしくは地面に向かうように伸びてから，先端付近では上を向くような枝振りが観察される．

しかしながら，分枝パターンに主眼を置いた分枝規則では，子枝の方向は親枝の方向に強く影響されてしまうため，上述のような枝振りを表現することはほとんど不可能と考えられる．したがって，図2,3のような樹形を手続き的に生成するためには，

(1) 新たな発芽点を樹木の表面上のどこに配置すべきか(図2のような場合)．
(2) 発芽した時点の親枝の向きに，強く影響されることなく，自然な枝振りと樹冠を形成するには，生長点の空間的位置をいかに決定すべきか．

の2点についてモデル化することが必要である．

図2　せん定後の発芽

図3　枝垂れ

Simulation of Natural Ramification Based on Heliotropism

Naoyoshi KANAMARU [1], Kiyoaki TAKAHASHI [2], Norishige CHIBA [2], Nobuji SAITO [1]
1 Tohoku University　2 Iwate University

著者らは，受光量不足による枝の枯死をモデルに組み込むことにより，樹木と環境の対話の重要性を確認している．本報告では，受光量の大小(スカラ)のみでなく，光の到達する平均的な方向(ベクトル)情報を用いることによって，光に最も強く照射される方向に枝先端の進行方向を修正する機能を採用することにより，(2)をモデル化した．これによって図2,3の枝振りに対応する樹形が生成できた．

[中嶋 88]の受光量計算は鉛直上方向からの光のみを扱い，[奥村 86][金丸 88]では水平面から上の半球方向からの光について，受光量を計算していた．ここでは，水平面から下の半球も含めて，葉の周囲全方向からの光を考慮することとした．これは，光環境を求める上で，地面からの照り返しも無視できないと考えられたからである．

3. シミュレーション

図4は，半径が枝長の5倍の球内部に，ランダムに発芽点を置き，初期方向は上向きとした場合のシミュレーション例である．(a)は向日性を持たない場合，(b)は向日性を持たせた場合である．両者を比較すると明らかなように，(a)は初期方向のまま生長を続けるが，(b)は向日性により，枝先端の進行方向が修正されて，図2に近い自然な枝振りと樹冠が形成されている．

図5は，向日性を持った樹形を生成したものである．この例では，枝の自重による枝垂れを行っていないが，枝のまわりこみが観察される．枝が細かく振動しているように見えるのは，向日性により，光を求めて敏感に枝先端の方向を修正した結果であり，図3の右上付近の枝振りに似ている．

枝垂れを表現する方法としては，予め用意された関数形に当てはめる方法[奥村 86]，枝の仰角と硬化度によって枝を下向きに曲げる方法[金丸 88]がある．両者とも全ての枝に均一に枝垂れが生じるため，図3のような枝振りを表現することは難しいが，向日性によって自然に表現できる．

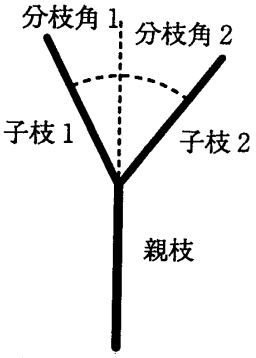

図1　分枝規則

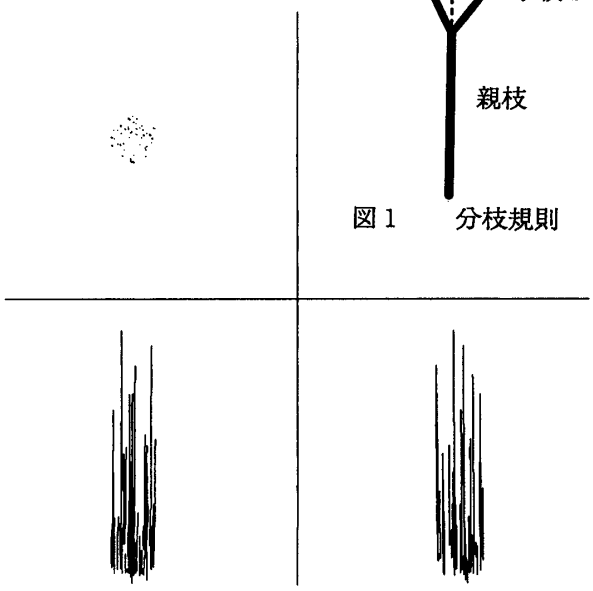

図4　(a) 向日性なし　(b) 向日性あり

4. むすび

本報告では，コンピュータグラフィクスのための樹木の形状定義法において，リアルな樹形を生成するためには，向日性による空間探索機能が重要であると考え，シミュレーションによってその有効性を示した．

筆者らは，従来の分枝パターンのみでは表現できない複雑な枝振りのいくつかは，向日性によってシミュレーションできる可能性が高いと考えており，今後も検討を続ける予定である．また，枝先端部以外の発芽点の配置法は，幹表面での受光量の大小によって決定する方法[金丸 88]が提案されているが，図2のように，せん定された付近で極端に発芽が促進される現象をモデル化することも今後の課題である．

文献

[奥村 86] 奥村，小川，光天球の中で生長する樹形-1-，Sci. Form 2(1)，1986，pp.59-88.
[金丸 88] 金丸，千葉，斎藤，CG のための樹木の生長モデル，NICOGRAPH 論文コンテスト，1988，pp.30-38.
[中嶋 88] 中嶋，福田，安居院，景観表示のための樹木の生成手法，NICOGRAPH 論文コンテスト，1988，pp.22-29.
[千葉 89] 千葉，樹木・草本の生成に関する研究動向，情報処理学会研究報告，89-CG-40，1989，pp.81-86.

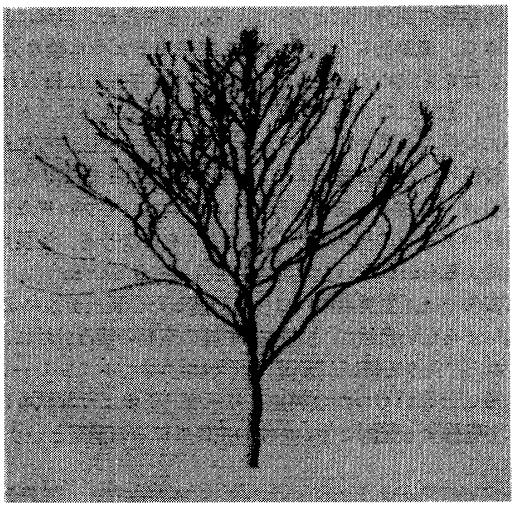

図5　向日性のある樹形