

3K-6

生物学的モデルに基づく紅葉の可視化 —木のレベルにおける色変化—*

早乙女良江
筑波大学

藤代一成
お茶の水女子大学

池辺八洲彦
筑波大学

1 はじめに

近年のコンピュータグラフィックスでは雲、霧、樹木、炎などの自然現象のモデリング/レンダリングが盛んに行われている。中でも、樹木に関する研究は1960年代後半から行われているが、それらの主な目的は形状の発生におかれていて、色変化に関するものは著者の調べた範囲ではほとんどなかった。

公園設計などをする場合、樹木の色変化によって季節感を付加した景観シミュレーションが出来れば、より有効な手段として役立つだろう。我々は、晩秋から初冬にかけて日本全国でみられる“紅葉”に注目した。

これまでの研究で、紅葉のメカニズムで重要な“エイジング”と“植物色素(クロロフィル・カロチノイド・アントシアン)の配合変化”の2つの生物学的要素を採り入れて、1枚の葉のレベルでの色変化を実現した[4]。本論文の目的は、それを拡張して1本の木の色変化のモデル化を行うことにある。本モデルでは、紅葉の美しい樹種として名高いカエデ属を採用した。ただし、今回は葉の重なりが紅葉に与える影響は無視し、温度・湿度は紅葉が起こりやすい理想的な条件であると仮定した。

2 落葉広葉樹の紅葉

葉のレベルでの紅葉のメカニズムについては、文献[4]に任せて、ここでは木のレベルでの紅葉のすすみ方について説明する。落葉広葉樹の開葉と樹冠の紅葉の順序には一定の関係がある[2]。カエデ属は、春一斉に展葉するような一斉開葉タイプに属する。一斉開葉タイプは、樹冠先端部から紅葉することが知られている(図1)。

この原因は以下のように考えられている。一斉開葉タイプでは、葉が10日間ほどで木全体に一斉に発生す

*A case study of biologically-based modeling and visualization - the autumn coloring of a single tree - by Yoshie Soutome(University of Tsukuba), Issei Fujishiro(Ochanomizu University), Yasuhiko Ikebe(University of Tsukuba)

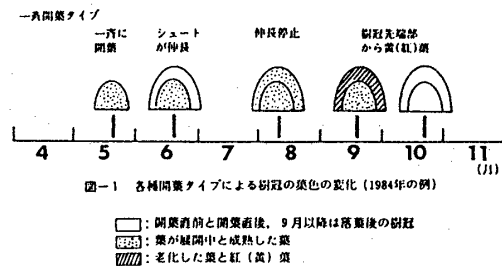


図1: 落葉広葉樹と紅葉の関係 (文献[2]より抜粋)

るため、樹木内での位置による葉個体の年齢差はほとんどない。しかし、葉上には成長度合いを示すエイジング(加齢)が存在し、エイジングが高いほど紅葉がすすむ。これは、葉上に成長差がエイジングとして存在するのに対し、樹木上における年齢差は存在しないことを意味している。さらに、紅葉生成に関係するアントシアンという赤色色素[1]が光合成の盛んな樹冠先端部で生成されやすい。加えて、太陽光からの強い紫外線を受ける部分で、秋になって夜間の最低気温が5℃程度になると、葉緑色素のクロロフィルの分解がすすみやすくなる[1][5]。つまり、樹木上での葉個体の年齢差がないので、光合成などによる影響がそのまま表面に現れるため、樹冠先端部から紅葉が起こるのである。

3 モデリング

本節では、樹木形状作成プロセスと紅葉化プロセスの2つのサブモデルに分けて説明する。

3.1 樹木形状生成プロセスサブモデル

このサブモデルでは、樹木の形状に関するデータの作成を行う。樹木生成に関しては、Xavierらの論文[7]およびA-system[6]を参考にした。Xavierらの論文では、樹木の分枝パターンを添え字で示し、その添え字に対応する要素が分枝に関する確率を表しているような分枝行列が定義されている。しかし、Xavierらの

モデルは2次元で構成されているため、我々のモデルに適應するさせるために、3次元に拡張する必要がある。そこで、この拡張を行うにあたり、3次元樹木生成幾何モデル A-system のパラメータ設定を参考にした。以下に、本モデルの形状定義を示す。

形状定義

- (1) 1つの親枝から2つの小枝に分岐する
- (2) すべての枝にラベルを与える。ラベルは、ルートがn、分枝を繰り返して全てのラベルを1にする。nを変化させることにより樹木の大きさの制御が可能である。葉の大きさは全て同じで、ラベル1の先端部に存在するものとする。
- (3) 2つの小枝は親枝の最大勾配平面から一定の角度だけ傾斜した平面に存在する。ただし、最初の小枝は重力の方向と平行な平面上にあるとする。

3.2 紅葉プロセスサブモデル

このサブモデルでは、各葉のカラー値の算出を目的とする。図2に紅葉プロセスの内部構造を示す。

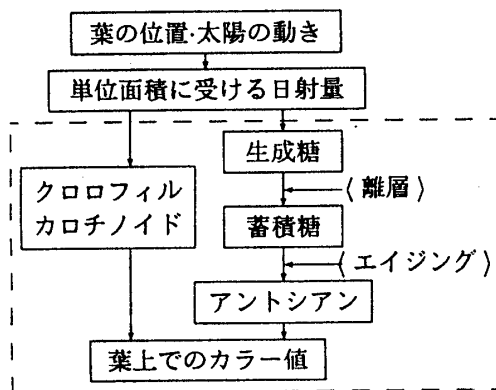


図2: 紅葉プロセスのモデリング
(図注) □: 物質の量, A→B: BはAの関数
(): 付加的要素

図中で破線で囲まれている部分は、3つの植物色素の値から葉上のカラー値を実際に計算する箇所である。この部分の詳細は、我々が昨年発表した論文[4]を参照されたい。

1枚の葉のレベルでは、日射量を一定と仮定して、色素と生成糖の量の時間的変化を決定していた。しかし、木のレベルに拡張する段階になると、葉の存在位置による葉の年齢の個体差と日射量の違いを考慮に入れなければならない。しかし、前述したように、一斉開葉タイプのカエデ属では、葉の年齢の個体差はほとんどないため、日射量が主として紅葉の時の色変化に影響を与える因子として考えれば良い。今回はモデルの複雑さを避ける意味で温度・湿度などは理想的条件

であると仮定したため、入力としては図2のように、葉が受ける単位面積あたりの日射量だけでよい。

単位面積あたりに受ける日射量は、形状サブモデルで計算された葉の向き・太陽の日射量および太陽の運行経路から推測する。求められた日射量から植物色素・生成糖の量の算出する。それ以後の計算は従来のモデルに値を引き渡し、最終的に葉上全体のカラー値が得られる。

全体のモデルは、樹木形状生成プロセスで作成された形状データを用いて、紅葉化プロセスで得られる各葉のカラー値を付加することにより作成される。

4 まとめと今後の展望

本研究では、一斉開葉タイプに属するカエデ属が、樹冠先端部から紅葉するという生物学的知見をもとに、モデルを作成した。

本モデルのキーポイントは、葉の存在位置の違いによって色変化の差が表現できることにある。加えて、これまでに我々が作成したモデルを使用することによって、各葉上における色変化を表現できる。色変化において、樹木上の位置による葉のモデルと葉そのもののモデルを独立させたことで、各モデルの役割を分担することが出来た。

今後は、まず葉の重なりを考慮した木のモデルのモデリングを改良し、その後群生する木々の紅葉の再現へ拡張する予定である。

参考文献

- [1] 石倉成行:“紅葉の生理科学,” 植物と自然, Vol.13, No.11, pp.32-35(1979)
- [2] 小池孝良:“落葉広葉樹の開葉と紅葉の仕方,” 北方林業, Vol.39, No.12, pp.12-15(1987)
- [3] 酒井聡樹:“オオモミジ,” Newton special issue 植物の世界第3号, 教育社, pp.80-115(1988)
- [4] 早乙女良江, 藤代一成, 池辺八洲彦:“生物学的モデルに基づく紅葉の可視化—葉のレベルにおける色変化—,” 情報処理学会グラフィックスとCADシンポジウム論文集'92, pp.59-68(1992)
- [5] 永田洋:“落葉—その生物学的観察,” 植物と自然, Vol.17, No.11, pp.10-15(1983)
- [6] Masaki Aono and Toshiyasu L.Kunii: “Botanical Tree Image Generation,” *IEEE CG & A*, Vol.4, No.5, pp.10-34(1984)
- [7] Xavier Gerard Viennot, et al.: “Combinatorial Analysis of Ramified Patterns and Computer Imagery of Trees,” *Computer Graphics*, Vol.23, No.3, pp.31-40(1989)