

球面調和関数を用いた多光源環境における樹木モデルの陰影付け

田中哲平[†]赤木康宏[†]北嶋克寛[†]東京農工大学[†]

1. はじめに

現在、樹木の CG モデルは幅広い分野で使用されるようになってきている。建物などの規則的な形状をした人工物に比べ、樹木に代表される自然物の形状は不規則であり非常に複雑である。このため、身近な自然物である樹木では特に簡単な表示方法では違和感を受けやすい。このような背景から、より現実に即した表示が求められている。

本研究では、樹木をより本物らしく表示することを目標とし、その陰影付け手法に注目する。樹木の陰影付けを正確に行うためには、形状の複雑さから多くの計算量を必要とする。そこで、本研究では樹木モデルに対して、樹木内部に入射する光の情報を複数の地点で事前にサンプリングすることで、多光源環境において直接光だけではなく高次反射光を含む陰影付けを高速に行うための手法を提案する。

2. 樹木の陰影付けに関する既存の手法

2.1 既存の手法

樹木の陰影付けに関する既存の手法としては、赤木らが提案している球状法線を用いた樹木の陰影付けの手法がある[1]。この手法では、葉の集まりである群葉を、それぞれの群葉の属している枝の分枝点を中心とする球によって近似する。そして、葉の陰影を求める際に、その球面上の法線を最寄りの葉の法線とみなすことで陰影付けを行う(図1)。本研究でもこの群葉を球で近似する手法を用いる。しかし、前述の手法は絵画やアニメーション中の樹木の陰影を生成する手法であるので、本研究が求めるような細部の陰影は扱っていない。その他の手法としては、デップスピーリングとよばれる、Deussen[2]らが提案している手法や、レイトレーシングなどがある。しかし、これらの手法では多光源に対応することが困難であり、計算量が大きいという問題が

ある。

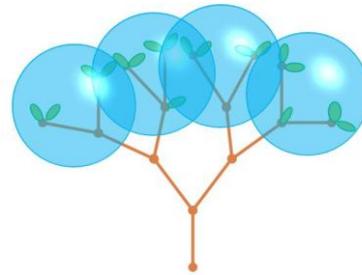


図1 球状法線を用いた陰影付けのイメージ

2.2 球面調和関数を用いた環境マップ

多光源環境において周囲からの光の色や強さを格納する環境マップという手法がある。一般的にこの手法では、物体の中心から周囲の全方向をレンダリングすることにより環境マップを作成するが、容量が大きくなり処理およびメモリにかかるコストが増加する。これを圧縮するために球面調和関数を用いる方法が提案されている[3]。球面調和関数(Y_l^m)を基底関数として用いた場合、元の情報(f)をそれぞれの係数(c_l^m)に圧縮することができ、なおかつその係数から元の情報を復元できる性質がある(式1)。

$$f(\theta, \phi) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l c_l^m Y_l^m(\theta, \phi) \quad (\text{式1})$$

これにより、係数を保持するのみで環境マップを近似することが可能になる。さらに、基底関数の性質上、復元された情報は滑らかになるので、環境マップの解像度を下げた場合においても粗さが目立たないという特徴がある。

3. 光環境マップと陰影の計算

3.1 光環境マップ

本手法では2.2節で述べたような、球面調和関数を用いた環境マップを光環境マップと呼び、それを樹木モデル上に複数生成する。この際、光環境マップは樹木モデルの枝分岐を第1から第n世代までとすると、第1世代、第(n-1)

A Shading Method for a Tree Model Based on Spherical Harmonics in Multi-Lights Environment

[†]Teppey TANAKA, Yasuhiro AKAGI and Katsuhiko KITAJIMA

Tokyo university of agriculture and technology

世代, 第 n 世代に配置する (図 2) .

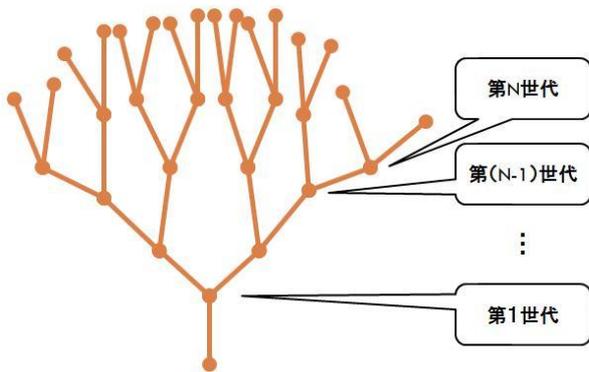


図 2 世代とその位置

この方法では, 多くの葉が存在する樹木の先端部分に多くの光環境マップを配置することができるので, 葉の陰影を計算する際には葉の密度が高い場所ほど, 光の影響を詳細に計算できる. そして, 光環境マップ内では球面調和関数の圧縮により図 3 のように画像が圧縮され, 50 個の係数でもある程度特徴をとらえた情報を再現できる.



図 3 球面調和関数による圧縮

3. 2 陰影の計算

葉の陰影はそれぞれの光環境陰マップからの値を合算して求める. 陰影を計算したい葉から光環境マップ (LE_i) までのベクトルの傾きを極座標 (θ_i, ϕ_i) とする. 光環境マップの影響 (L_i) は葉から光環境マップまでの距離が, 球の半径より大きい場合は式 2, 小さい場合は式 3 により求める.

$$L_i = LE_i(\theta_i, \phi_i) \quad (\text{式 2})$$

$$L_i = LE_i(\theta_i - \pi, \pi - \phi_i) \quad (\text{式 3})$$

これにより葉が球の内側にある場合, 光環境マップへのセルフシャドウを回避できる. そして, これより光環境マップの数を (N) とする場合,

陰影 (S) は (式 4) のように求めることができる.

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_i \quad (\text{式 4})$$

また, ここまで一連の流れを繰り返すことにより光が樹木内部で複数回反射し浸透する様子を表現する.

4. 実験と考察

本研究の手法を用いて, 樹木モデル内部に光環境マップを 15 個生成し, 画像左上方に強い光源を設置した場合の実験結果を図 4 に示す.



図 4 本手法の結果

この結果から, 強い光源の影響だけではなく, 反射光の影響を受けた内部の木漏れ日のような陰影の生成に成功している.

5. おわりに

多光源環境でのもっともらしい樹木の陰影付けの方法を提案した. 提案手法では, 光環境マップを樹木モデルの性質に即して用いることにより, 光源からの直接光に加えて反射光も反映する事を実現した.

参考文献

- [1] 赤木康宏, 片瀬満則, 北嶋克寛: 背景画における陰影付け技法に基づくアニメ制作のための樹木の色域別レンダリング, 情報処理学会論文誌 Vol. 49, 2008
- [2] Thomas Luft, Oliver Deussen: Real-Time Watercolor Illustrations of Plants Using a Blurred Depth Test, Non-Photorealistic Animation and Rendering, 2006
- [3] Robin Green: Spherical Harmonic Lighting: The Gritty Details, 2003