

メタボールを用いた樹木モデリングに関する研究

秋山 公平[†] 赤木 康宏[†] 北嶋 克寛[†]

東京農工大学[†]

1. はじめに

CG による樹木のモデリングに関する研究はこれまでも数多く行われている[1]. しかし, その多くは枝の生え方などの全体的な樹木形状生成に注目した研究である[2]. このような研究では, 幹や枝を円柱の集合として表現していることが多いが, そのようにモデリングされたものは円柱同士の接続部が不自然になってしまうことがある. また, 樹木は直線的な構造をしているが, その表面には凹凸が多く存在する. 円柱によるモデリングではこのような凹凸を表現することも不可能である.

本研究では, 幹や枝のなめらかな接続や凹凸を実現するために, メタボールを応用した樹木のモデリング手法を提案する.

2. 樹木のモデリング手法

2.1. メタボールを応用したメタスティックによるモデリング手法

メタボールとは水などの不定形状を CG で表現する際に広く用いられる手法である. メタボールは中心から放射状に減衰していく濃度場を生成する. 空間内に複数のメタボールを配置することで濃度場をデザインする. 濃度場の可視化にはマーチングキューブ法を使用する.

樹木には直線的な構造が多い. そこで本研究では, メタボールの中心を点から線分に拡張したものを使用する(図 1). これをメタスティックと呼ぶことにする.



図 1 メタスティックが生成する濃度場

一つのメタスティックを枝の一区間として空間上に配置していく(図 2).

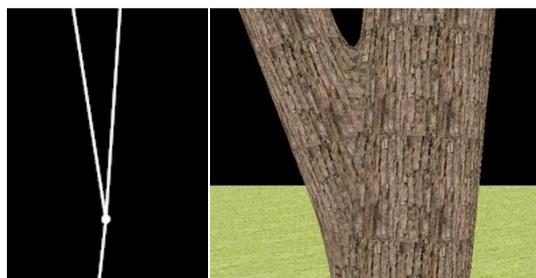


図 2 メタスティックを使用したモデリング
左:メタスティックの中心のみ
右:マーチングキューブによる描画

2.2. メタスティックの配置

メタスティックを使用して樹木をモデリングする際に必要な主な情報は, メタスティックの両端の座標と, それぞれの半径である. メタスティックを使用する場合, 先に樹木全体の枝の構造を定義し, それに合わせてメタスティックを配置していく.

メタスティックを連続して配置する場合, 二つのメタスティックの端点重なっていると濃度が大きくなり, 枝の継ぎ目にこぶができてしまう(図 3). そこでメタスティックを連続して配置する場合にこぶができないよう以下の式(1)により自動で端点の位置を調節する. r は接点でのメタスティックの半径, r_c はメタスティックの影響範囲である.



図 3 メタスティックの接続部
左:メタスティックの端をつなげた場合
右:メタスティックの端を離れた場合

A Study on Modeling Trees Using Metaballs

[†] Kohei AKIYAMA, Yasuhiro AKAGI and Katsuhiko KITAJIMA

Tokyo university of agriculture and technology

$$F(\mathbf{r}) = \sqrt{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_e) \left\{ -\frac{1}{2}\mathbf{r} - \left(\frac{3}{2} - \sqrt{2}\right)\mathbf{r}_e \right\}} \quad (1)$$

2.3. 凹凸の表現

樹木の幹には筋のような凹凸があることが多い。細かいものならテクスチャで表現することも可能であるが、大きなものをテクスチャのみで表現するのは難しい。そこで、本研究ではメタスティックを使用することで幹の凹凸を表現する。幹となるメタスティックの樹皮付近に小さめのメタスティックを配置することで、凹凸を表現する(図4)。同様に、複雑な形状をしていることの多い根元付近も、複数のメタスティックを配置することで様々な形状を表現できる。

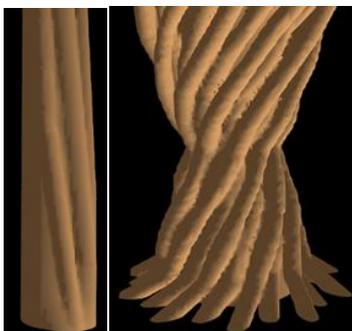


図4 凹凸のモデリング

2.4. うろの表現

樹木では、枝が折れた後にうろができる。従来のように円柱を組み合わせただけのモデリングでは、うろを表現することは難しい。しかし、メタスティックの濃度をマイナスに反転することで物体を削ることができるので、うろを容易にモデリングすることができる(図5)。

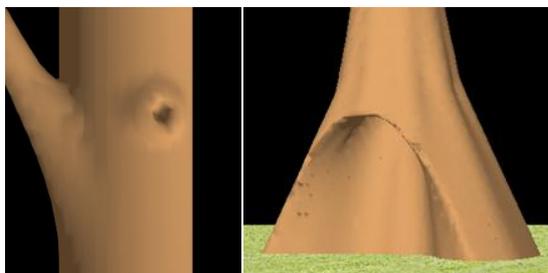


図5 うろのモデリング

3. テクスチャマッピング

テクスチャマッピングにもメタスティックの濃度場を使用する。各頂点はどのメタスティックの濃度場から影響を受けているかを保持している。各頂点でメタスティックごとにテクスチャマッピングを行い、濃度の割合に応じてテクスチャをブレンドする。

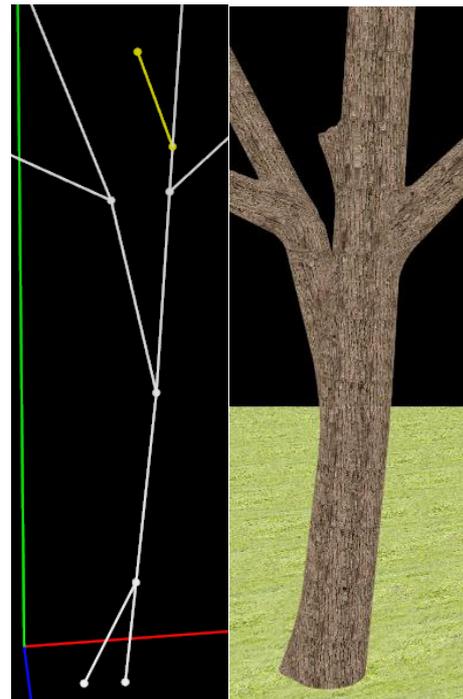


図6 メタスティックによりモデリングした樹木
左:メタスティックの中心のみ
右:マーチングキューブによる描画

4. まとめと課題

本研究ではメタスティックを使用した樹木モデリング手法について報告した。メタスティックを使用することで枝のなめらかな分岐や幹の凹凸、うろなどを容易にモデリングすることが可能となった(図6)。

また、メタスティックによるモデリングは、従来円筒で表現していたものをメタスティックに置き換えただけであるので、既存の研究とも相性がよい。樹木生成のアルゴリズムと組み合わせることで、よりリアルな樹木のモデリングが可能であると考えられる。

今後、よりリアルなテクスチャの使用、バンプマッピングによる細かな凸凹の再現、末端の細かい枝や葉の追加などによる表現の向上を目指す。また、この手法を用いてユーザが簡単に樹木をモデリングするためのシステムの作成を目指す。

参考文献

- [1]Bloomenthal, J. (1985). *Modeling the Mighty Maple*. ACM SIGGRAPH Computer Graphics Volume 19 Issue 3, Jul. 1985
- [2] Pałubicki, W., Horel, K., Longay, S., Runions, A., Lane, B., Měch, R., et al. (2009). *Self-organizing tree models for image synthesis*. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2009 Volume 28, Issue 3.