

自由曲線を用いた Hair レンダリングのための効率的な空間データ構造について

日大生産工(院) ○澤田 祐太郎 日大生産工 吉田 典正
 東京大学 蜂須賀 恵也

1. まえがき

写実的なコンピュータグラフィックス(CG)を表現するためにはHairやFur(人間の髪の毛や動物の毛)を表現することが必要になる。ポリゴン分割し近似させていくという従来手法でクオリティの高いHairを表現すると、非常に多くのメモリが必要になり、近年、自由曲線を直接レイトレースする手法が注目されてきている。ポリゴン表現よりも自由曲線を用いた方が2倍速くなるという結果¹⁾があり、効率的な空間データ構造を構築することによって、さらなるレンダリングの高速化が期待できる。



図1 写実的なHair表現

2. 提案手法

本研究では自由曲線のレンダリングをより高速化することが目的である。この目的を達成するために、図2に示すように、空間をBoxで囲み、階層構造を構築する。レイトレース手法では、光線と形状の交差判定が必要であり、最適なデータ構造を構築し交差判定を減らすことで、高速化が期待できる。

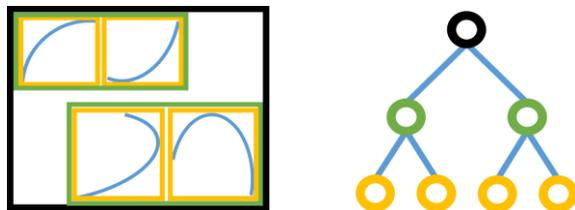


図2 空間データ構造

空間を扱うためのデータとして、図3に示すような座標軸に沿った箱として扱う

Axis-Aligned Bounding Box(AABB)²⁾と、方向性を持ち軸に沿わない箱として扱うOriented Bounding Box(OBB)²⁾がある。AABBは計算コストなどの効率性から使われることが多いが、自由曲線に適用した場合、冗長な領域が発生してしまう。OBBを用いると、図3のように無駄のない箱を作成することができる。またBVHを構築する際に、トップダウンで空間を分割していく手法が一般的に使われているが、近年の研究では、データをクラスタリングすることによりボトムアップから構築する手法³⁾⁴⁾が高速かつ良質なBVHを構築できると確認されている。そこで本研究ではOBBを用いたボトムアップによるBVH構築手法を提案する。

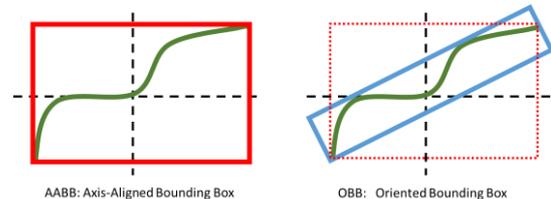


図3 空間データについて

ボトムアップでクラスタリングを行うためには、どのペアを統合していくかが問題となる。ペアを見つけるために、データを比較するための距離を定義する必要があり、いくつかの基準を用いて計測を行った。また、トップダウン構築である既存の手法と、ボトムアップで構築を行った。ボトムアップ構築を行う時のクラスタリングの基準として、表面積、線の類似性を評価する基準であるHausdorff distance、OBBに拡張したHausdorff distanceの3つを使用した。

3. 実験結果

提案手法を実装し計測した結果が図4と図5である。この表に使われているSurface Area Heuristics(SAH)は、表面積に基づく近似的な交差コストであり、これを小さくするとCGのレンダリングを高速化することができる。図4では人間の髪の毛一本を64本の曲線で表現したデータを用いて空間構造を構築したものであり、図5では複数の髪の毛を2836本の曲線を用いて表現したデータを用いて空間構造を構築している。図4から示されるように、少ないデータの場合では、どのクラスタリング基準においても提案手法が既存手法よりもSAHが小さくなったが、データ数を増やすとSAHが増大してしまっただけでなく、少ないデータではHausdorff distanceが良く、大量のデータの場合は表面積基準の結果が良いことが分かったため、今後、手法を組み合わせることで改善を目指したい。

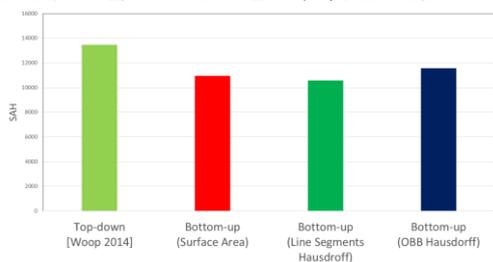


図4 各手法の比較(64セグメント)

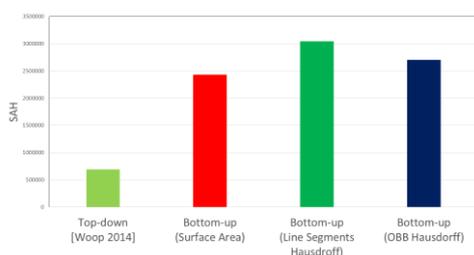


図5 各手法の比較(2836セグメント)

図6と図7に、自由曲線データと空間構造を可視化したものを示す。図6では冗長な領域を減らしていることを視覚的に確認できる。しかし図7から示されるように、データが多くなっていくにつれてBox同士の重なりという無駄な領域が多く発生してしまい、結果が悪くなっていることが確認できた。

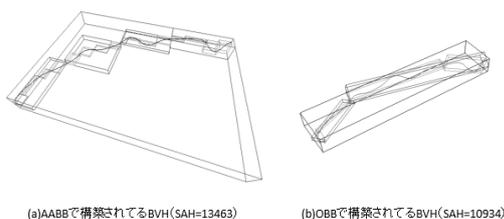
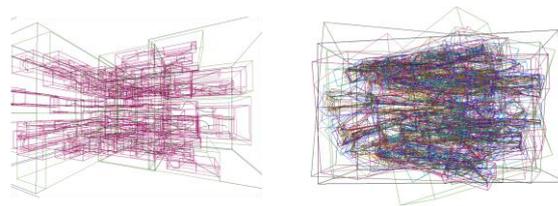


図6 空間構造の可視化(64セグメント)



(a)AABBで構築されるBVH (SAH:約70万) (b)OBBで構築されるBVH (SAH:約240万)

図7 空間構造の可視化(2836セグメント)

4. まとめ

今回の計測結果や可視化から、OBBと、ボトムアップの構築の組み合わせによって、自由曲線を扱ったCGのレンダリングを高速化する可能性を確認することができた。しかし座標軸に沿わないBoxを用いることと、クラスタリングによって構築を行うという手法の組み合わせによって、空間を分割していくトップダウン手法では見えてこなかった、Box同士の重なり、という問題が発生してしまっただけでなく、今後の課題として、クラスタリングの新たな基準としてデータ同士の重なりが少なくなるような手法を探していく必要がある。

「参考文献」

- 1) S. Woop, C. Benthin, I. Wald, G. S. Johnson and E. Tabellion. Exploiting Local Orientation Similarity for Efficient Ray Traversal of Hair and Fur. High Performance Graphics 2014, 2014.
- 2) S. Gottschalk, M. C. Lin and D. Manocha. OBB-Tree: A Hierarchical Structure for Rapid Interference Detection. SIGGRAPH '96 Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pages 171-180. 1996.
- 3) B. Walter, K. Bala, M. Kulkarni and K. Pingali. Fast agglomerative clustering for rendering. 2008 IEEE Symposium on Interactive Ray Tracing, pages 81-86. 2008.
- 4) Y. Gu, Y. He, K. Fatahalian and G. Blelloch. Efficient BVH Construction via Approximate Agglomerative Clustering. Proceedings of the 5th High-Performance Graphics Conference, pages 81-88. 2013.