

ボリュームレンダリングを用いたエネルギー波のリアルタイム形状変形 Real-time Shape Deformation of the Energy-Wave using Volume Rendering

阿部 雅樹[†] 渡辺 大地[‡]
Masaki Abe Taichi Watanabe

1. はじめに

近年、アニメーションやビデオゲームといったコンテンツ上で 3DCG を用いた様々な表現が開発されている。その中でもエネルギーの塊が強く発光、形状変形するといった現象はよく見かけ、映画やテレビ番組など、実写映像における特殊効果としても使用される機会が増え、一般的な表現となりつつある。そうした特殊効果をエネルギー波と名付け、「空間中のエネルギーの密度が高い場所が強く発行する」「形状変形を伴いながらある地点に向かって移動する」現象と定義する。3次元のビデオゲーム上ではこうした効果を2次元のテクスチャを用いて表現するのが一般的だが、視点に応じた光の強さを正確に表現できる手法とは言えない。そこで本稿ではボリュームレンダリングを用いてエネルギー波を生成することで光の強さを正確に表現した後に、リアルタイムに簡易的に形状変形させる手法を提案する。本手法ではボリュームレンダリングで生成した形状を、リアルタイムに、疑似的に形状変形することが可能である。

2. ボリュームレンダリングを用いたエネルギー波

3次元のビデオゲーム上では、エネルギー波を2次元のテクスチャを用いて表現することが多い。ゲームをプレイするユーザーの視点に応じて、事前に用意した複数のテクスチャを回転、切り替える事で一つのエネルギー波を表現している。事前に用意したテクスチャのみで表現を行うため、光の強さを正確に表現できる手法とは言えない。ボリュームレンダリングを用いてエネルギー波を生成することで、この問題は解消できる。

2.1 ボリュームレンダリング

ボリュームレンダリングとは、はっきりとした境界をもたない煙や炎といった自然現象やエネルギー場、人体の内部などの可視化に用いる技術であり、主に医学の分野で発達してきた。3次元のオブジェクトや自然現象をボリュームと呼び、ボリュームは多くの場合3次元空間をサンプリングしたボクセルと呼ばれる単位立方格子の集合体として表す。ボリュームレンダリングは高精細な画像を得ようとする場合、非常に計算コストの高いレンダリング手法となる。しかし近年のハードウェア技術の向上によりGPUを用いた高速処理が可能なボリュームレンダリング手法もいくつか考案されている。本稿ではそれらの手法の中で、テクスチャベース法[1]を用いてエネルギー波を生成する。

[†] 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科
Graduate School of Bionics, Computer and Media Science,
Tokyo University of Technology

[‡] 東京工科大学メディア学部
Faculty of Media Science, Tokyo University of Technology

2.2 テクスチャベース法

テクスチャベース法では、3次元空間中のエネルギー波の密度分布をテクスチャとしてGPUに読み込ませ、テクスチャの断面をマッピングした複数枚のポリゴンをカメラの視点から遠い順に、その透明度を足し合わせる事で最終的なピクセルの色を決定する。このときエネルギー波の密度分布情報を保持したテクスチャをボリュームテクスチャ、テクスチャの断面をマッピングし、カメラの視線に対して常に垂直な矩形ポリゴンをスライスと呼ぶ。

2.3 エネルギー波生成

エネルギー波をエネルギーの密度分布として3次元配列に格納する。配列の各要素は4つの値RGB α をそれぞれ格納する。RGB値が色情報、 α 値が透明度の情報を表し、この値がボクセル値に相当する。密度を変更したい場合は α 値を変更させる。エネルギー波は中心に近いほどエネルギー密度が高いため、 α 値は中心から外側に向かって減少する。ボリュームデータをGPUに読み込ませ、ボリュームテクスチャを生成し、スライスに張り付ける。このスライスを再配置することで、初めに設定したボリュームデータを再構成する。図1はテクスチャベース法を用いて実際に生成したエネルギー波である。



図1 テクスチャベース法によるエネルギー波

3. エネルギー波の変形

ボリュームレンダリングにおいて、ボリュームデータを書き換えることで変形を表す事は、一から別のボリュームデータを生成していることと同義である。そのため本手法では3次元テクスチャのマッピング処理に操作を加えることで、リアルタイムにエネルギー波の形状変形を表現している。本手法では変形の手法として、副軸を用いた軸変形を利用している。

3.1 副軸を用いた軸変形

軸変形[2]とは大域的形状変形の一つで、変形させたいモデルに対して、変形媒体と呼ぶ媒体を設定する。次に変形媒体とモデルの頂点を関連付ける。最後に変形媒体を操作することで、本来変形させたいモデルの変形を実現する。

軸変形は変形媒体に軸を用いていることで、直観的な変形操作が可能となる。

軸変形に用いる制御軸は B-Spline[3]曲線を用いて定義する。B-Spline 曲線を用いることで、局所的な変形操作も可能になる。制御軸を生成した後に、制御軸と変形したい対象との対応をとる。制御軸の局所座標系を求めて、その座標系から見たモデルの頂点の座標を算出することで対応が取れる。

軸変形の問題点として、制御軸の任意の点における局所座標が制御し辛いといった点が挙げられる。制御軸がねじれている状態になり、対応を取っているモデルの頂点も制御軸に追従するため、想定した変形操作が困難になる。

そこで副軸という新たな要素を追加する。副軸は各制御点から延びる有向線分であり、副軸の姿勢と B-Spline 基底関数を利用する事で、局所座標系を安定して算出が可能となる。図2は制御軸と副軸のイメージを表している。

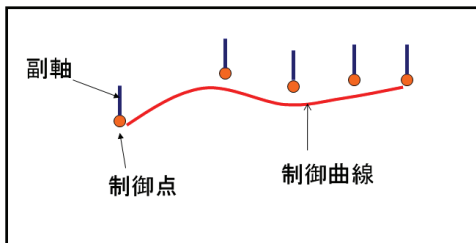


図2 制御曲線のイメージ

3.2 テクスチャマッピング操作

テクスチャは通常(0,0,0.0)(1,0,0.0)(0,0,1.0)(1,0,1.0)の正規化した四頂点で管理をする。テクスチャを貼り付けたいスライスの各頂点と対応した位置にあるテクスチャの頂点を結びつけることでマッピングを行う。本手法ではマッピングしたいテクスチャを管理している座標値を変化させる。テクスチャの座標と制御軸との対応をとり、通常のテクスチャ座標以外を指定することで、ボリュームデータの移動や形状変形を表現している。これはスライスに張り付ける画像を加工しているという事になる。図3は正規化した四頂点以外を指定したときに得られる画像である。図3(a)は本来中央にあった円がテクスチャの頂点座標を移動する事で、左にずれて表示している様子を表している。図3(b)はテクスチャの頂点座標を正規化した四頂点より拡大する事で円を縮小し、(c)は逆に指定範囲を狭める事で円を拡大して表示している。

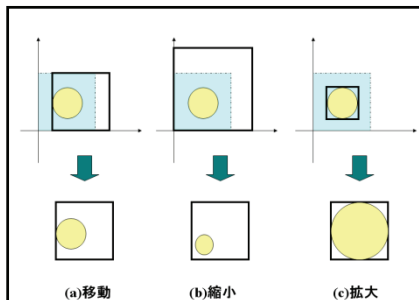


図3 正規化した範囲外を指定

4. 変形結果

制御軸を用いた形状変形をボリュームレンダリングによるエネルギー波に適応した結果を示す。GPU は nVidia 社の GeForce 6600GT を使用した。エネルギー波の変形前と変形後の動作フレームレートを計り、更に実際に変形処理にかかった時間を計測する事でリアルタイム性の有無を確かめた。どのような状況でも本手法が有用であることを確かめるために、変形前において異なった二つのフレームレートの状況を用意した。描画画面に対して、エネルギー波を描画する領域の割合が大きくなればなるほど、フレームレートは低くなる。図4は異なった二つのフレームレートの変形前と変形後の処理速度を計測したものである。図4(a)(b)は変形前、(c)(d)は変形後の形状と計測値である。どちらのフレームレートでも変形にかかった時間は 0.003~0.005 秒であった。

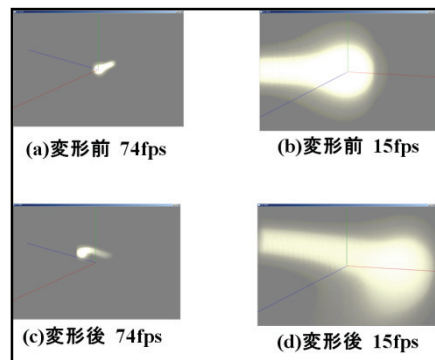


図4 実行結果

5. 考察とまとめ

テクスチャベース法は計算処理の一部を GPU 側に任せる事により計算効率が大きく向上する利点があるが、ボリュームデータの再定義にはリアルタイム性を伴うことは困難である。そこで本手法ではスライスにマッピングするボリュームテクスチャに焦点をあて、スライスに割り当てるボリュームテクスチャのテクスチャ座標を変更することで、形状変化を疑似的に得ている。リアルタイム性の確認もできた。

本手法ではリアルタイム性に重点を置いているため、擬似的な形状変形方法を採用したが、これは正確な光の強さを正確に表現する精度にやや欠ける状態である。近年の GPU の性能向上による、高精度、高精細なボリュームレンダリング法の採用や、3次元テクスチャの構造の変化の提案などが今後の課題である。

参考文献

- [1] 篠本 雄基, “汎用 GPU を用いたボリュームレンダリングの高速化に関する研究”, 京都大学大学院情報学研究科修士論文, (2006).
- [2] 山野上 寛, “制御軸を用いた大域的な形状変形手法に関する研究”, 慶応義塾大学大学院政策・メディア研究科, (1998).
- [3] 日本設計工学会, “3次元 CAD 実践活用”, コロナ社, 2006.