

I-018

ポイントグラフィクスを用いた切削による形状編集手法

Proposal of shape cutting operation
using point-based graphics

竹内 亮太†

Ryota Takeuchi

渡辺 大地††

Taichi Watanabe

1 はじめに

近年リアルタイム 3DCG において、複雑で高精細な形状データを取り扱う機会が多くなっている。現在は形状の表現手法として、複数の頂点で形成される面の集合によって形状を表す、ポリゴンベースのモデリング及びレンダリングが主流である。ポリゴンベースのモデリング作業には、面という表現単位の制約が生じるため、そのインタフェースは形状に対する直接的な操作が難しく、ポリゴンモデリング独特の操作感覚を要するものが多い。また、微細な特徴を表現するための変形操作を繰り返すことによって、ポリゴンが細かく分割されてしまい、レンダリング時におけるパフォーマンスの低下を招きがちである。

その一方では、点群をそのまま形状として取り扱う、ポイントベースのアプローチも注目されるようになってきた [1]。頂点のみの集合で形状を表すことにより、面の構成処理を省いて大量の頂点座標を取り扱うことが出来るため、主にレーザーレンジスキャナ等の計測データを可視化する技術として用いられることが多く、高画質なレンダリング結果を得るための様々な研究がなされている [2]。

本研究では、点群による形状表現技術の更なる活用方法として、ポイントベースのサーフェスマデリング手法を提案する。点群を用いた形状表現においてモデリングを行うことにより、ポリゴンという表現単位の制約を受けずに、ユーザの入力操作に対してより直感的な編集結果を提示することが出来ると考えられる。本稿では、ポイントベースのモデリングインタフェースを構築するためのレンダリング手法と、点群に対するモデリング操作の提案を行う。その後本手法の実装結果と考察を述べて、新たなモデリング手法としての可能性を示す。

2 形状構造とレンダリング手法

本研究で提案するモデリングインタフェース (以下、本システムとする) で行うモデリングにおける初期形状は、6 個の面を持つ直方体状を想定している。各面

は頂点の均一な集合によって表現し、その頂点数は任意の解像度によって決定する。この点群で表した面に対して、システムのユーザが切削操作を指示していくことによって、任意の形状を生成可能なインタフェースを実現することが、本システムの目的である。

直方体状の点群を描画するにあたり、本システムでは各頂点の描画色を 2 次元画像のテクスチャを参照して決定する。2 次元画像の色情報を反映することにより、任意の画像に対する立体形状を、金太郎飴から削り出すかのような操作によって生成することが出来る。

以下の図 1 に、本システムで提案するモデリング形状の初期状態を示す。左図は初期形状を俯瞰した画像で、右図は形状を点群で描画していることを示すために、頂点の大きさを一定にして拡大した画像である。

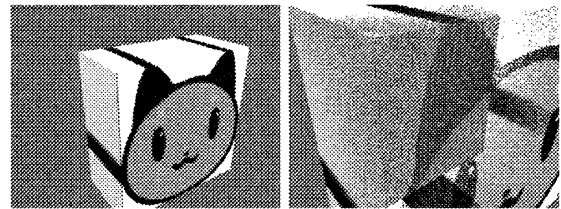


図 1: モデリング形状の初期状態

上記の形状構造を描画するにあたっては、グラフィクスハードウェアの機能であるポイントスプライト機能と、頂点やピクセル単位の並列処理を GPU 上で高速に行えるシェーダプログラミング処理を併用する。テクスチャを参照する UV 座標値として、頂点の座標値を UV 平面上に射影し、スケーリングを調節して用いることで、頂点の座標位置に即した色情報を自動的に算出して描画する。

各頂点を描画するにあたっては、画面上での大きさを視点からの距離に反比例するように変化させることで、頂点間の空白を擬似的に補間して描画を行う。また、各頂点にはそれぞれが属している面ごとに一律な法線ベクトルを初期値として設定する。この法線ベクトルは、後述する点群に対する切削操作によって座標値と共に変化する。

† 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科

†† 東京工科大学メディア学部

3 点群に対する切削操作

本システムでは、直方体に対する切削操作を全て頂点の移動によって表現する。例えば、ある領域内の点群が形成している部位を切除する際には、領域内の頂点を削除するのではなく、切断面に対して領域内の頂点を吸着させることで表現する。ポリゴンモデリングの場合は、細かな変形操作を行うことでポリゴンが細かく分割され、パフォーマンスの低下を招くことが多いが、本手法では頂点数は常に一定であるため、滑らかな曲線に沿った切断面を入力した場合でも、描画の速度を保つことが出来る。

切削操作は、入力した切断面に頂点座標を吸着させることに加えて、法線ベクトルを切断面が持つ法線ベクトルによって置き換える処理を行う。これにより、切削操作を行うごとに適切な法線を各頂点に与えて、形状に忠実なライティング処理を行うことが出来る。

以下の図2に、本システムで提案する切削操作のイメージを示す。

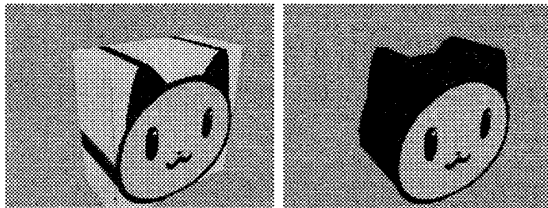


図2: 切削操作のイメージ

本システムで取り扱う頂点座標の配列は、初期形状の格納時に面単位でのクラスタリングを行うため、切削操作の対象となる点の検索は、操作の影響を受ける面のみに限定することが出来る。その結果、検索範囲となる要素を最低限に抑えることが出来るため、インタフェースの応答性向上に繋がっている。

現状では切断面の入力による切削のみに対応しているが、今後の展望として任意の形状領域の圧着による変形操作の実現を検討している。この場合も、切削表現は頂点の移動のみによって実現可能である。彫刻刀を模した形状等による切削操作を実現することで、より現実の事物や事象に即した形状モデリング環境を実現することが期待出来る。

4 実装と実験

2節、3節で述べた手法に基づき、PC上での実装実験を行った。今回は評価実験のため、初期形状の直方体を構成する面のうち、入力画像を配置している1面に関しては点群としての描画を省略している。以下の表1に、今回の実験で使用した環境を示す。

表1: 実装実験に使用した環境

CPU	Intel Xeon 3.4GHz
RAM	2GB
GPU	NVIDIA GeForce 7800GTX

この環境上において、入力画像に対する正面の面上の頂点数を 256×256 、上下左右の側面の頂点数を 128×256 として、全 196608 個で構成した点群を配置し、ポイントスプライトとシェーダを利用した描画を行った。その結果、80FPS 程度の速度での描画処理を実現し、インタラクティブなモデリング操作に耐えうる応答性を確認した。

更に、切断面の入力による切削操作の動作実験を行った。結果、意図した通りの変形操作は行えたものの、入力インタフェースが試験的なものであったため、切断面の入力そのものが非常に困難であった。今後はインタフェース自体の改良と共に、頂点情報のより効率的なクラスタリング手法や、面以外の入力手段による切削操作の確立が急務であると言える。

5 まとめ

本研究では、ポイントベースのサーフェス表現を用いた新しいモデリング手法を提案した。点群を直接形状として取り扱うことにより、面の制約を受けることのない自由な形状操作が可能となり、3次元形状モデリングに新たなアプローチを示すことが出来た。

本手法によって生成した点群形状は、そのままでも表示に耐えうるものであるが、既存のポイントグラフィックスのレンダリング技術や、ポリゴンへの再構成処理などによって、様々な用途への応用が期待出来る。

今後の課題としては、点群に対するより効率的な切削操作の確立と、インタフェースの整備が挙げられる。特に彫刻的な切削操作を実現するにあたっては、感圧式のペンタブレットなどのデバイスを併用することで、簡易彫刻シミュレーションシステムを構築することも考えられる。これにより、3次元形状モデリングがより身近な表現手段として、新たな価値を得ることになるであろう。

参考文献

- [1] 藤本忠博, 今野晃一, 千葉則茂, ポイントグラフィックス概略, 芸術科学会論文誌 Vol.3 No.1 pp.8-21, 2004.
- [2] 川田弘明, 金井崇, GPU による直接的ポイントレンダリング, 画像電子学会誌 Vol.35 No.4 pp.261-268, 2006.