

IGEL ~ ヒートカッターを模した3次元形状モデリング ~

今泉 仁美（指導教員：伊藤貴之）

1 概要

現在3次元コンピュータグラフィックス（以下3DCG）は、非常に多くの産業分野において普及と発展を遂げている。3DCGの制作過程は、形状モデリングやレンダリングなど、いくつかの工程に分けられる。形状モデリングとは、3DCGの形状を設計する段階を指す。多くの場合、3DCGの制作に利用される専用のモデリングソフトウェアは、高価かつ操作方法が直観的ではなく、3DCG制作の初心者には使いにくい。このようなモデリングソフトの難解さは、一般消費者を3DCG制作から遠ざけていると考えられる。

そこで近年、3DCGの専門知識を有さない人にも直観的な形状モデリングができるような手法が多く提案されてきた。典型的な例として、スケッチ入力に基づく手法[1][2]や、3次元形状を「彫る」「折る」「切る」といった現実の加工操作を模倣する手法[3][4][5]が挙げられる。これらの研究は、職業制作者ではない一般消費者にも、3DCGコンテンツを制作する喜びをもたらす可能性があると考えられる。我々が本論文で提案する手法も、このような直観的な形状モデリング手法の一種として位置づけられる。

IGELは、ヒートカッターを模倣した形状モデリング手法である。ヒートカッターとは電熱線を利用して熱に弱いスチロールを切断するための工具である。IGELでは、ヒートカッターの電熱線の形状と軌跡の両方を、ユーザがスケッチ入力する。ユーザはまずヒートカッターの電熱線の形状をスケッチ入力し、それを3次元座標系で自由に動かすことで、初期形状を切断しながら加工することができる。

2 提案内容

2.1 設計思想

IGELはヒートカッターを模倣した形状モデリングを、スケッチ入力に基づいて実現する手法である。IGELでは、ユーザが以下の2つのモードを切り替えることで、3次元形状モデリングを実現する。

2次元モード: カッター形状をスケッチ入力するモード。

3次元モード: カッター形状で物体を加工するモード。

IGELでは、ヒートカッターの電熱線を変形する操作を、図1(左)に示すような2次元モード、変形した電熱線でスチロール素材を加工する操作を、図1(右)に示すような3次元モードで模倣している。一般的に市販されているヒートカッターでは電熱線の形状を自由に変形することはできないが、IGELでは自由度を高めて、電熱線の形状もユーザが自由に設計できるようにした。

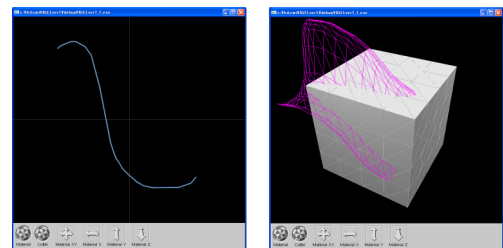


図 1: 実行画面。(左)2次元モード。(右)3次元モード。

また、IGELは一般消費者が家庭で利用することを前提としている。そのため、高度な入力デバイスを使用しない、また、GPUプログラミング環境などの高度なグラフィックシステムを前提としないという設計思想のもとに実装を行っている。これらの設計思想に基づき、全ての操作をマウスとキーボードの組み合わせだけで実現できるようにし、グラフィックシステムに関しては、既にオペレーティングシステム等に付属されているOpenGLなどのグラフィックスライブラリのみを用いて実装できるように、単純な三角形メッシュで形状を表現している。

次節以降では、IGELの各処理を、処理手順に沿って具体的に論じる。

2.2 2次元モード

2次元モードでは、ヒートカッターの形状をスケッチ入力する機能を提供する。画面にはユーザの入力の目安となるように、補助線を表示している。入力デバイスには、現在はマウスを用いている。ユーザがマウスをドラッグすると、画面上に曲線が描かれる。

続いてこの曲線を、曲線を構成する頂点数を削減するために折れ線に近似する。この処理によって以降の処理量を軽減し、実行時の処理速度低下を防ぐことができる。

2.3 3次元モード

ヒートカッターの形状を入力後、ユーザはIGELを3次元モードに切り替えることができる。3次元モードでは、2次元モードで描いたカッターを、マウスを動かすことで操作する。ドラッグを開始するとカッターの色が変化し、切断操作を開始する。そしてドラッグした軌跡を切断の軌跡として、画面上の3次元形状を切断・加工する。軌跡の入力を終了すると、3次元形状を表現するメッシュを切断する。切断の手順については、次節以降で論じる。

なお現時点の我々の実装では、ヒートカッターは投影面に平行な面上での平行移動のみによって生成される。奥行き方向への平行移動、ひねりなどの回転移動、などの複雑な操作を実現するためには、マウス入力のみでは不十分と考えられるため、キーボード操作とマウス入力を組み合わせた操作を検討中である。

2.3.1 切断面メッシュの生成

IGELでは、ヒートカッターの軌跡として得られる曲面と、3次元形状の交差判定によって、3次元形状の切断処理を実現する。本論文では、この曲面を近似する三角形メッシュを切断面メッシュと呼ぶ。切断面メッシュは、軌跡の入力中に並行して生成され、軌跡の入力を終了した時点で完成となる。

2.3.2 メッシュの交差線の生成

切断面メッシュを生成した後に、IGELは切断面メッシュと素材メッシュの交差線を求める。交差線の生成処理では、一方の三角形メッシュの辺と他方の三角形メッシュの面の交点を検出する処理を一定方向に反復し、最初に検出された交点に到達した時点で反復を終了する。

なお现阶段の我々の実装では、素材メッシュの内部を通過中に切断を中断した場合などのように、交差線が閉じたループを形成できない場合の処理は想定されていない。また凹凸を含む形状の切断において、交差線が複数のループを形成すべき場合の処理もまだ実現できていない。

2.3.3 メッシュの再分割

メッシュの交差線が生成された時点で、素材メッシュおよび切断面メッシュには、交差線上に新しい頂点が生成されている。IGELでは生成された交差線を構成する各々の線分を制約辺とみなし、交差線が通過した三角形メッシュを対象として、制約付きドロネメッシュ生成手法に基づいて素材メッシュおよび切断面メッシュの再分割を行うように実装した。また、この際に必要があれば、再分割したメッシュに対して、辺の組み換え処理を行う。制約辺1本

に対し、複数の辺を組み換える必要がある場合は、独自の手法で組み換え処理を行っている。

IGELでは以上の処理を、素材メッシュと切断面メッシュの両方に適用する。ここで、再分割後の切断面メッシュにて交差線で閉じている部分が、素材メッシュの加工後の切り口部分となる。

2.3.4 メッシュの選択

素材メッシュと切断面メッシュに対して分割処理を終了すると、IGELでは素材メッシュの色を、交差線を境界として2色に塗り分ける。この時ユーザが2色のいずれかの領域をクリックすると、IGELは選択された色のメッシュと切断面の貼り付け処理を行い、結果として図2(右)に示すような新しい素材メッシュを生成する手法を実装した。その後ユーザは、3次元モードのまま3次元形状を加工し続けることも、再び2次元モードに切り替えて新しいカッター形状を描くことも可能である。

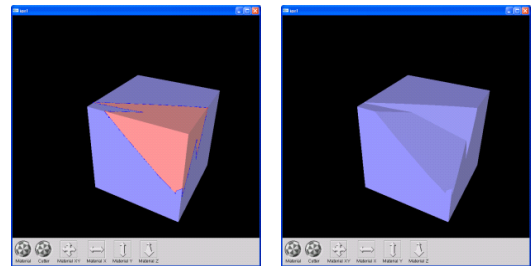


図 2: 素材メッシュの選択。(左) 素材メッシュの選択画面。(右) 素材メッシュの加工結果。

3 まとめ

本論文では、ヒートカッターを模した新しいモデリングの一手法 IGEL のコンセプトを提案し、最も基本的な操作である素材の切断処理について我々の実装を述べた。

参考文献

- [1] T. Igarashi, S. Matsuoka, H. Tanaka, Teddy: A Sketching Interface for 3D Freedom Design, *Proceedings of ACM SIGGRAPH '99*, pp. 409-416, 1999.
- [2] T. Ijiri, S. Owada, M. Okabe, T. Igarashi, Floral Diagrams and Inflorescences: Interactive Flower Modeling using Botanical Structural Constraints, *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005*, pp.720-726, 2005.
- [3] 水野, 岡田, 鳥脇, 横井, 仮想彫刻-仮想空間における対話型形状生成の一手法, *情報処理学会論文誌*, Vol. 38, No. 12, pp. 2509-2516, 1997.
- [4] 荒田, 高井, 高井, 山本, 仮想粘土による3次元自由形状モデリング, *情報処理学会グラフィクスとCAD研究報告*, Vol. 98, No. 94, pp. 19-24, 1998.
- [5] 大和田, 赤保谷, F. Nielsen, 楠, 五十嵐, 切る, 第12回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2004), pp. 1-4, 2004.