

# 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 伊藤貴之

お茶の水女子大学 理学部情報科学科

## 1. 概要

モデリングとは 3DCG の制作において、物体の形状を設計する段階を指す。映画などに使われている 3DCG は、専用のモデリングソフトを用いて制作されているが、これらのモデリングソフトは直感的ではなく、CG の知識や経験の無い初心者には使いにくいものとなっている。近年、初心者でも直感的なモデリングができるような手法が提案されてきた。しかし初心者に向けたインタフェースでは、複雑な形状の制作は難しいことが多い。

そこで本報告では、スチロール加工等に使われる工具であるヒートカッターを模倣した、スケッチベースの 3 次元形状モデリングの手法を提案する。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。本手法では、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、初期形状を削りながら加工することができる。本手法では、切断する工具の形状もユーザが自由に設計できるため、従来の手法では設計することが困難だった形状を、直感的に設計できるようになると考えられる。

## 2. 関連研究

手軽に簡単な 3 次元形状をモデリングするための手法として、スケッチ入力をもとにして 3 次元形状を生成する手法[1]が活発に研究されている。また、3 次元ボリュームデータを切断する手法[2]が研究されている。これらの手法における切断面は、軌跡に沿った平面などに制限される。それに対して提案手法では、切断する工具の形状を設計できるため、より複雑な切断面を持つ形状を設計できる。

また、彫刻刀などの工具を模倣して 3 次元形状を加工する手法もいくつか報告されている[3]。工具を模した手法はユーザにとって直感的であり、ユーザの個性を表現することにも適している。また、彫刻刀のように 3 次元形状を削る手法は、2 次元のスケッチ入力から 3 次元形状を復元する手法よりも、細部の微調整に適している。

## 3. 提案内容

本研究では、主にスチロール造形に使用されるヒートカッターという工具に着目した。ヒートカッターは、電熱線で発泡スチロール等の素材を切断する工具である。電熱線の形状を工夫することで、様々な使い方が可能になる。業務用のヒートカッターでは、電熱線の形状は強度の問題で自由に變形することはできないが、本手法では電熱線の形状もユーザが自由に變形できるようにした。これによりユーザは、より自由に 3 次元形状を設計できる。また本手法では、実際のヒートカッターでは実現できない閉曲線状の刃も設計できるものとする。これにより、従来なら差集合演算を必要とした形状も、より直感的に設計できる。

本手法では、ユーザは以下の 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行う。

- ヒートカッターの形状をスケッチ入力するための 2 次元モード
- ヒートカッターで 3 次元形状を加工する軌跡を入力するための 3 次元モード

また本手法では、切断される物体の形状や切断面を、三角形メッシュで表現する。

まずユーザは 2 次元モードでヒートカッターの形状をスケッチ入力する(図 1)。画面上でユーザが描画した曲線は、図 2 に示すアルゴリズムにより、折れ線に近似される。

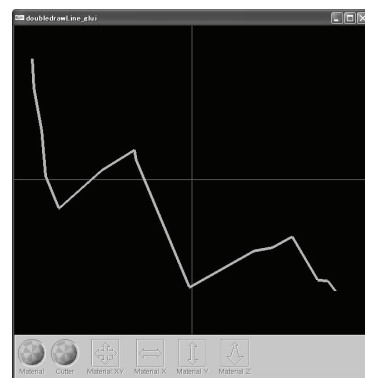


図 1: 2 次元モードでの入力

近似のアルゴリズムは以下の通りである。入力された曲線の始点と終点を端点とする線分と、曲線上の各頂点の距離を計算し、距離が最大となる点を新しい頂点として線分を 2 分割する。この処理を再帰的に反復し、最大距離が閾値を越えなくなったら終了する。この処理によって曲線を構成する頂点数を大幅に削減できるので、これ以降の処

“Igel: A 3D Shape Modeling Tool Mimicking Heat Cutters“

Hitomi Imaizumi, Takayuki Itoh

Ochanomizu University

{hitomi, itot}@itolab.is.ocha.ac.jp

理量を軽減し、実行時の処理速度低下を防ぐ。

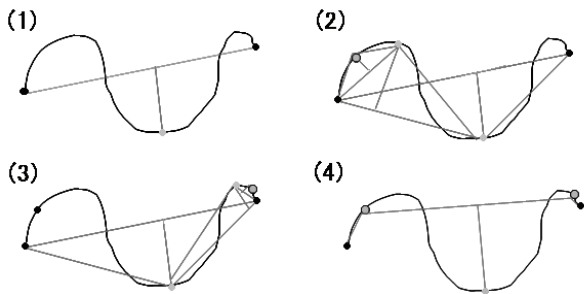


図 2: 2次元モードでの近似アルゴリズム

(1)では曲線の始点と終点をする線分からの距離が最大となる点を求め、(2)では左側でそれを繰り返すことで、近似後の折線の左から2番目を決定する。(3)で同じように右から2番目も決定し、(2)と(3)で求めた点を基準として、求めた最大距離が閾値を越えなくなるまでこれを繰り返す。

ヒートカッターの形状を決定後、3次元モードに切り替えると、近似された折れ線を3次元空間で自由に移動させることができる。本手法では、ユーザが3次元モードで切断される物体を簡単に回転、平行移動できるように、GLUIを用いてサブウィンドウからこれらの操作を行えるようにする。3次元モード時にユーザがヒートカッターの軌跡をスケッチ入力すると、画面上の3次元形状を切断加工することができる。軌跡の入力が終了すると、以下の処理手順でメッシュが切断される。

まずヒートカッターによって作られる切断面を、メッシュとして生成する。ヒートカッターの形状になっている各頂点を、ユーザが入力した切断面の軌跡に沿って一定間隔で平行移動させ、新しい頂点とする。新しい頂点の生成は列単位で行われる(図3)。

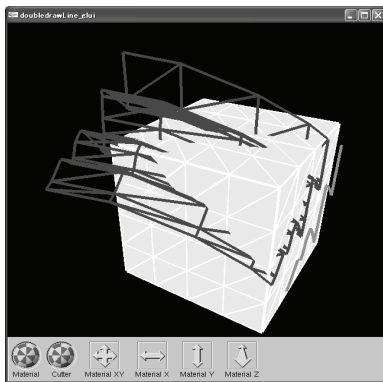


図 3: 切断面メッシュの生成

次に、生成した切断面メッシュと切断されるメッシュの交差判定を行う。交差線が閉じている場合には次の処理へ

進む。交差線が閉じない場合(カッターの刃が切断される物体の内部にある状態で切断を停止したときなど)や、2次元モードで入力された曲線が閉じている場合の処理には、まだ対応していない。

次に、切断後のメッシュの生成を行う(図4)。切断面メッシュ、切断されるメッシュの両方とも、交差線に沿って2つに分割する。2つに切断された物体のうちどちらを残すかをこの時点でユーザに選択させる。選択された物体の切り口に、切断面のメッシュを貼り付け、新しいメッシュとして処理を進める。

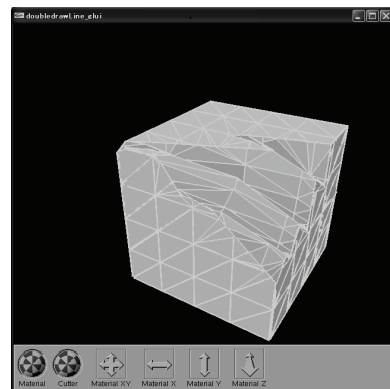


図 4: 切断後に生成されるメッシュのイメージ

新しいメッシュが生成された後は、再びカッターの形状を設計することも、そのまま切断し続けることもできる。

#### 4. まとめと今後の課題

本報告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を提案した。切断する処理の実装が完成した後は、切断面を複数持つ場合の処理や、カッターの形状が閉曲線の場合の処理などの実装をしていきたいと考えている。また、手首のひねりのような複雑な操作の実現や、入力デバイスをペンタブレットに変更し、筆圧による奥行き方向の制御も考慮した操作、やすりをかける平滑化の処理など、より直感的で幅広い操作が可能になるような実装方法を検討していきたい。

#### 参考文献

- [1] T. Igarashi, S. Matsuoka, H. Tanaka, Teddy: A Sketching Interface for 3D Freedom Design, Proc. SIGGRAPH 99, pp. 409-416, 1999.
- [2] 大和田, 赤保谷, F. Nielsen, 楠, 五十嵐, 切る, WISS 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2004, pp. 1-4.
- [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.